Aus der medizinischen Klinik der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. Hermann Eichhorst.)

BEITRÄGE ZUR LEHRE
ÜBER DEN
EINFLUSS THERMISCHER ANWENDUNGEN AUF DAS BLUTGEFÄSSSYSTEM.

HABILITATIONSSCHRIFT
DER
HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER
UNIVERSITÄT ZÜRICH
VORGELEGT
VON

Dr. med. ALFRED MARTIN,
ASSISTENZARZT FÜR PHYSIKALISCHE HEILMETHODEN AN DER MEDIZINISCHEN KLINIK ZU ZÜRICH.

BERLIN
DRUCK VON W. BÜXENSTEIN
1903.

Sonderabdruck aus der

„Zeitschrift für diätetische und physikalische Therapie“

1903/1904. Band VII. Heft 3, 8 und 9.

Redaktion:
Geh. Med.-Rat Prof. Dr. E. v. Leyden,
Prof. Dr. A. Goldscheider und Prof. Dr. P. Jacob.

Verlag von Georg Thieme in Leipzig.

Aus der medizinischen Klinik der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. Hermann Eichhorst.)

BEITRÄGE ZUR LEHRE

ÜBER DEN

EINFLUSS THERMISCHER ANWENDUNGEN AUF DAS BLUTGEFÄSSSYSTEM.

HABILITATIONSSCHRIFT

DER

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT ZÜRICH

VORGELEGT

VON

Dr. med. ALFRED MARTIN,
ASSISTENZARZT FÜR PHYSIKALISCHE HEILMETHODEN AN DER MEDIZINISCHEN KLINIK ZU ZÜRICH.

BERLIN
DRUCK VON W. BÜXENSTEIN
1903.

Von den Untersuchungsmethoden, die uns Aufschluss über Veränderungen im Gefässsystem geben, ist, soweit Kälteapplikationen in Frage kommen, die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle bisher nicht verwendet worden.

Grunmach[1]) fand nach 10 Minuten langem Eintauchen des Ellenbogens (unteren Teils des Oberarms und oberen Teils des Unterarms) in Wasser von 33° R die Verspätung der Pulswelle an der Radialis gegenüber der Karotis (Kurvengipfel gemessen) um 0,096 Sekunden, während sie vor dem Versuch 0,07 Sekunden betrug, und schliesst daraus, dass eine lokale Erweiterung des Gefässlumens mit Verzögerung der Pulsgeschwindigkeit einhergeht. Das Gefäss hat also einen Tonusverlust erlitten.

Diesen Versuch habe ich mit demselben Resultate wiederholt. Ich benutzte den Kardiosphygmographen[2]) von Jaquet mit einer kürzlich[3]) von Jaquet angegebenen Verbesserung. Der am Unterarm angebrachte Apparat schrieb den Radial- und den Karotispuls, den ich jedoch nicht mit dem dem Apparate beigegebenen Tambour aufnahm, sondern mit einer Kapsel von Verdin in Paris, die durch eine Schraubvorrichtung ein mehr oder wenigeres Annähern des Druckknopfes an das Gefäss gestattet, wie sie Marey mehrfach (z. B. Méthode graphique S. 588) in seinen Arbeiten abgebildet hat. Mit diesem Versuch verband ich einen zweiten, um zu untersuchen, ob die mehr oder weniger starke Extension der Hand eine Veränderung in der Spannung des Gefässes hervorruft. Es wurden die Kurvengipfel zur Ausmessung benutzt. Die Versuche sind, wie sie in der Arbeit folgen, nicht nach der Zeit der Aufnahme nummeriert.

Der Ausdruck »Versp.« gibt in Sekunden die Zeit an, welche zwischen dem systolischen Gipfel der Karotis und dem der Radialis liegt. Die Zahl unter »Freq.-Zeit« bezeichnet die Anzahl von $1/5$ Sekunden, in denen 15 Pulsschläge erfolgen (aus der Kurve abgelesen).

Versuch I.

	Versp.	Freq.-Zeit
1. Hand und Unterarm in einer Geraden	0,05/0,046	54
2. » um ca. $1/3$ rechten Winkel mehr als 1 gestreckt	0,05/0,046	49
3. » » » $2/3$ » » » » (übermässig) gestreckt	0,037/0,044/0,04	48
4. » » » $1/3$ » » » » »	0,046/0,046	47
5. Ebenso	0,046/0,05/0,046/0,046	$47\,1/4$
6. Ellenbogen ($1/2$ Ober- und $1/2$ Unterarm) in Wasser von 45° C, wobei im Ellenbogen Bewegung um ein Geringes mehr . . .	—	—
7. 45 Sekunden später	0,064/0,061	45
8. 1 Minute 45 Sekunden später	0,06/0,06	42
9. 3 Minuten 45 » »	0,066/0,066	42
10. 5 » 15 » » (Arm wenig rot)	0,066	$43\,1/2$
11. 9 » — » » » stark »	0,066/0,066/0,066	$43\,1/4$
12. 9 » 45 » » aus dem Wasser, Ellenbogen um ein Geringes weniger gebeugt	—	—
13. 10 » 45 » »	0,06/0,061/0,064	$43\,1/2$

Das Resultat des Versuchs ist also: Geringe Veränderung der Beugung im Ellenbogengelenk ist belanglos. Nur übermässige Extension der Hand erhöht die Spannung des Gefässes. Sonst haben Bewegungen der Hand keinen Einfluss (was ich auch in einem anderen Versuche feststellen konnte). Lokal applizierte Wärme entspannt das Gefäss.

Da die Gefässspannung einmal von dem Kontraktionszustand des Gefässes selbst (Tonus), dann aber auch vom allgemeinen Blutdruck, soweit er durch die Herztätigkeit oder durch den Kontraktionszustand von Gefässbezirken in entfernten Gebieten abhängig ist, beeinflusst wird, ist es nötig, die Wirkung von Allgemeinprozeduren von der partieller zu trennen, wobei wieder lokale und entfernte zu unterscheiden sind. Um möglichst einfache Verhältnisse zu erhalten, wurden Allgemeinprozeduren von der Untersuchung ausgeschlossen.

Ich beginne mit einem Versuche, der in der physiologischen Begründung der Hydrotherapie eine grosse Rolle spielt, der Kälteanwendung auf die Wirbelsäule. Meine diesbezüglichen Versuche stellte ich an einer Patientin an, die wegen eines spondylitischen Prozesses in der Lendenwirbelsäule, der zu spastischen Erscheinungen an den Unterextremitäten geführt hatte, seit längerer Zeit Eisapplikation auf die Lendenwirbelsäule erhielt. Verwendet wurden Chapmannbeutel. Die Blutdruckmessungen wurden, wenn nicht anders angegeben, mit 10 cm breitem Schlauche nach Riva-Roccis Methode*) vorgenommen. Die Temperaturen sind nach 10 Minuten langem Liegen mit Maximalthermometern festgestellt.

Versuch II.

Appliziert wurden fünf Chapmannbeutel derart, dass je zwei nebeneinander die ganze Wirbelsäule bedeckten, der fünfte lag quer im Nacken.

	Versp.	Freq.-Zeit	Druck
1. Vorher	0,092/0,08 0,084	$54^3/_4$	108/107/105, dann dauernd 103.
2. do.	0,08/0,08/0,08/0,08	50	
3. do.	0,085/0,083/0,08/0,083	51	
4. 0 Minuten 0 Sekunden	Eisapplikation.		
5. 9 » — »	0,057/0,06 (Kälteempfindung)	$51^1/_2$	
6. 10 » — »	0,063/0,063/0,063/0,063/0,06/0,057/0,06/0,057 (oben Gefühl von Brennen)	49	
7. 13 » — »	—	—	112/112/113.
8. 17 » 15 »	0,057/0,057/0,057	56	
9. 18 » 15 »	0,062/0,066/0,066	$56^1/_4$	
10. 20—25 » — »	—	—	dauernd 105/106.
11. 27 » 30 »	0,047/0,05/0,05/0,05	$57^1/_2$	
12. 29 » — »	0,057/0,063/0,061/0,057	58	
13. 31 » — »	—	—	106/107/106/106.
14. 33 » — »	—	—	106/105.
15. 44 » — »	0,062/0,062/0,061/0,061	60	
16. 47 » 45 »	0,057/0,057/0,057/0,057	$58^1/_2$	
17. 52 » — »	—	—	106/102/107.
18. 54 » — »	—	—	dauernd 103, einmal 105 und 104.

*) Über den verwendeten Apparat werde ich demnächst berichten.

Bei einem zweiten Versuche (Versuch III) von 1¾ Stunden Dauer war das Resultat folgendes:

Druck vorher 106, nach 7—13 Minuten 104, nach 32—34 Minuten 104, nach 41—43 Minuten 104, nach 1 Stunde 105/104, durch Steigerung aus psychischer Ursache bis 113, die 3 Minuten anhielt, worauf wieder 105, nach 1 Stunde 25 Minuten 105, nach 1½ Stunden 105. Die Verspätung betrug vor dem Versuche 0,08—0,086 (Freq.-Zeit 46 und 47), nach 5 Minuten Kältegefühl oben, nach 7 Minuten 0,071 bis 0,075 (51), nach 8 Minuten 0,075—0,08 (48), nach 24½ Minuten 0,06—0,064 (47); bei 10 weiteren Kurven schwankte sie zwischen 0,05 und 0,066 (52½—57). In der letzten halben Stunde war keine Zahl über 0,06. Die Achselhöhlentemperatur war vorher 37,2°, nach 21 Minuten 37,3°, nach 54 Minuten 37,3° und ein Geringes, nach 1¼ Stunden 37,4°, nach 1¾ Stunden 37,35. (Der Versuch fand am Nachmittag von 4 Uhr 12 Minuten bis 6 Uhr statt. Speisen und Getränke wurden während dieser Zeit nicht genossen.)

Die Achselhöhlentemperatur wurde öfters gemessen. Schalte ich die Versuche aus, bei denen die Mahlzeiten zeitlich nahe am Versuch lagen, so bleiben mir 14 Versuche. Es wurde der Anstieg nach dem Essen vorübergelassen, und erst, nachdem wieder eine Senkung eingetreten war, begann der Versuch. In einem Falle, wo ein Eisbeutel auf der Lendenwirbelsäule lag, blieb die Temperatur gleich, wo die Eisbeutel (meist vier) aber längs der ganzen Wirbelsäule lagen, trat immer eine, wenn auch häufig nicht sehr bedeutende Temperatursteigerung ein.

In den Vormittagsversuchen betrug die Steigerung nach ½ Stunde 0,6° (nach 1 Stunde 0,2 Abfall); 0,1 (—0,2); 0,3 (—0,2); 0,5 (—0,2); 0,3 (nach 1 Stunde —0,2, nach 1½ Stunden weitere —0,1); nach 15 Minuten 0,1, nach 35 Minuten 0,2 (nach 50 Minuten 0,15 Abfall); nach 15 Minuten 0,05, nach 30 Minuten 0,15. In den Nachmittagsversuchen war der Anstieg nach ½ Stunde 0,1 (nach 1½ Stunden 0,2 Abfall); 0,3 (nach 1 Stunde 0,1 Abfall), nach ½ Stunde 0, nach 1 Stunde +0,3, 1½ Stunden +0,5 (nach 2 Stunden —0,5); nach ½ Stunde +0,1 (¾ Stunde —0,1); nach 15 Minuten 0, nach 30 Minuten +0,2 (1 Stunde —0,1). Hierzu kommt Versuch III: nach 21 Minuten +0,1, nach 54 Minuten wenig mehr, nach 1¼ Stunden +0,2 (nach 1¾ Stunden —0,05).

Bei zwei Versuchen bestimmte ich den Blutdruck. In dem einen stieg der Druck nach 5 Minuten um 5 mm, sank nach 12 Minuten zur Norm zurück und blieb konstant (½ Stunde lang). In dem anderen Versuche blieb der Druck annähernd gleich. Die Frequenz sank in vier Versuchen 2mal, 2mal blieb sie konstant. Ferner wurden in drei Versuchen (1½—2½ Stunde Dauer) zahlreiche Pulskurven aufgenommen. Da die Höhe der Kurve und die Lage der Wellen am absteigenden Schenkel durch Bewegungen der Hand, auch der Finger, stark beeinflusst werden und während des Versuches eine dauernd unveränderte Lage derselben unmöglich ist, so bemühte ich mich, um Vergleiche anstellen zu können, immer möglichst hohe Kurven zu erhalten. Die Kurvenhöhe nahm im allgemeinen allmählich ab und blieb dann annähernd gleich. Die sekundären Erhebungen rückten der Spitze näher, wurden niedriger, wobei zwei schon vorher bestehende Elastizitätswellen häufig so nahe an einander zu liegen kamen, dass sie eine grosse Welle darstellten, die sich durch Veränderung der Handstellung, manchmal auch durch Ausziehen (schnelleren Gang des Uhrwerks) in zwei auflösten. Es lag also nur ein scheinbares Grösserwerden vor. Ja ich konnte durch Veränderung der Spannung die eine Elastizitätswelle auf den ansteigenden Schenkel der Rückstosswelle bringen, so dass diese dadurch vergrössert schien. Ein Kleinerwerden der Rückstoss- und ein gleichzeitiges Grösserwerden der Elastizitäts-

elevation für die Erhöhung der Gefässspannung, die ihre Ursache im Gefäss selbst hat, ist deswegen nur mit Vorsicht zu diagnostizieren. Es werden Elastizitäts- und Rückstosswellen kleiner. Ich habe dies auch mehrere Male gefunden, wenn ich 10 Sekunden lang einen Strahl von Äthylchlorid zwischen die Schiene des Sphygmographen, während dieser schrieb, applizierte. Die Pulsform änderte sich ganz allmählich, auch später noch, in der angegebenen Weise. Mir scheint eine Spannungserhöhung des Gefässes, die mit Kleinerwerden der Rückstosswelle, aber Grösserwerden der Elastizitätswelle einhergeht, von einer Erhöhung des allgemeinen Blutdrucks abhängig zu sein, wobei dann auch die Kurve höher wird. Dann würde die von Winternitz[4]) in seinem Lehrbuche wiedergegebene Kurve, die er nach 40 Minuten bei Applikation von mit 10° igem Wasser gefüllten Rückenschlauch findet, auf eine zufällige Erhöhung des allgemeinen Blutdrucks zurückzuführen sein. Ich konnte dies Höherwerden der Kurve im Verlaufe der Applikation nicht konstatieren, wie auch nicht die nach 10 Minuten aufgenommene sehr niedrige Kurve. Nach 10 Minuten fand ich die Kurve nur um weniges niedriger, erst später wurde sie kleiner, aber nie in dem Grade, wie sie Winternitz schon nach 10 Minuten gefunden hat.

Die Befunde zu deuten wird dadurch schwierig, dass man nicht weiss, wie weit die Tätigkeit des Herzens beeinflusst worden ist. Die Veränderung der Pulsfrequenz kann nicht herangezogen werden, da die Grösse des Schlagvolumens nicht bekannt ist. Winternitz hat 10 Minuten nach Applikation eines Nackenschlauches (10° C) einmal eine Blutdrucksenkung um 5 mm, dreimal keine Änderung, siebenmal eine Steigerung des Blutdruckes von 5—15 mm gefunden. Aus meinen Versuchen geht hervor, dass die Steigerung, wenn sie überhaupt auftritt, unbedeutend und flüchtig ist. Aus der schnelleren Fortpflanzung der Pulswelle lässt sich nun schliessen, dass das Gefäss höher gespannt ist, aus dem Niedrigerwerden der Pulskurve geht aber hervor, dass diese Spannung nicht durch eine Steigerung der Herztätigkeit hervorgerufen sein kann. Da die Kontraktion der grossen Gefässe der Extremitäten, die wir sowohl für die Arme als auch für die Beine bei der Ausdehnung der Eisapplikation annehmen müssen, den Widerstand im peripheren Gefässsystem vermehrt, so ist die Blutdrucksteigerung verständlich. Da zu einer Zeit, z. B. in Versuch II nach 9 Minuten, wo die Pulskurve wohl niedriger als vor dem Versuch, aber noch bedeutend höher als gegen Ende des Versuchs, die Gefässspannung aber zu dieser Zeit dieselbe wie gegen Ende des Versuches ist, so ist die anfangs auftretende Spannungszunahme nicht nur auf den erhöhten Kontraktionszustand des Gefässes selbst, sondern auch auf die Erhöhung des allgemeinen Blutdruckes durch die Kontraktion der grossen Gefässe der drei übrigen Extremitäten zu setzen, während die erhöhte Spannung des Gefässes zu Ende des Versuches reine tonische Erhöhung ist.

Dass die Blutdrucksteigerung nur unbedeutend und vorübergehend ist, erklärt der Gang der Temperatur in der Achselhöhle, sie steigt, d. h. die Muskelgefässe erweitern sich, wodurch ein Ausgleich des Druckes stattfindet. Je nachdem die Kontraktion der grossen Gefässe, die Erweiterung der Muskelgefässe mehr oder weniger schnell vor sich gehen, wird es zu einer mehr oder weniger grossen Steigerung des Blutdruckes kommen.

Man könnte glauben, dass bei so lange dauernden Versuchen auch ohne die Eisapplikation ein Steigen der Achselhöhlentemperatur dem Anstieg der Körpertemperatur am Vor- und am Nachmittag entsprechend stattfinden würde. Die

Applikation von Eis auf ein so beträchtliches Gebiet der Körperoberfläche liesse eher einen Abfall der Körpertemperatur vermuten (der ja auch nach längerer Zeit relativ eintritt), zudem tritt eine Verengerung der Hauptarterie des Gliedes ein, die eine geringere Blutzufuhr zu den aus ihr entspringenden Muskelgefässen nach sich ziehen würde, was ein zweites die Achselhöhlentemperatur herabsetzendes Moment wäre. Wenn trotz alledem eine Erhöhung derselben eintritt, müssen die Muskelgefässe erweitert worden sein. Das unter 2 genannte Moment macht es wahrscheinlich, dass dies unter Wirkung dilatatorischer Nerven geschehen ist. Nach den Ausführungen Tigerstedts[5]) (S. 508—511, 521 und 522) hat eine direkte wie reflektorische Erregung der zum Muskel führenden Nerven primäre Dilatation der Muskelgefässe zur Folge, wodurch sich das Gesagte erklärt.

Chapmann (zit. nach Winternitz) hat die Theorie aufgestellt, dass Kälte eine Förderung und Modifikation der Zirkulation in dem von dem Temperaturreize getroffenen nervösen Zentralorganen abhängigen Körperpartien hervorrufe. Winternitz hält diese Theorie für ebensowenig erschöpfend als genügend und verlässlich experimentell gestützt. In der von Chapmann gegebenen allgemeinen Fassung ist sie auch nicht richtig, trifft aber für die Muskeln zu.

Ob und wie weit eine Beteiligung des Gefässgebietes des Sympathikus an dem Ausgleich des Druckes beteiligt ist, muss durch weitere Versuche festgestellt werden.

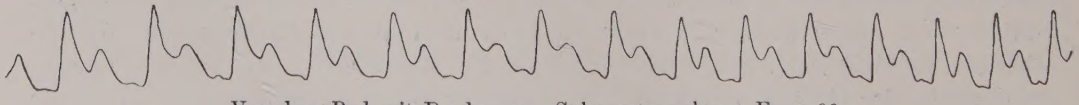
Die primäre, antagonistisch auftretende Erweiterung der Muskelgefässe ist streng von der von Winternitz aus seinen Versuchen, die Kälteapplikation auf die Wirbelsäule betrafen, geschlossenen sekundären Erweiterung der Hauptgefässe der Extremitäten zu trennen. Die Lehre von Winternitz, dass bei fortdauernder Kälteapplikation, sowohl lokaler wie allgemeiner, eine aktive Gefässerweiterung mit Erhaltung oder Erhöhung des Tonus unter dem Einflusse von Hemmungsnerven auftritt, soll durch Pulskurven, die bei diesem Versuche gewonnen wurden, gestützt werden. Diese Lehre von Winternitz hat zwischen diesem und Matthes[6])[7]), dessen Ansichten sich Goldscheider[8]) anschloss, eine Polemik hervorgerufen, die im wesentlichen zu folgendem Ergebnis führte: Matthes erkannte einen von Winternitz geführten Beweis (nach kühlem Bade Hautröte, Pulskurve, die erhöhte Spannung zeigt, Folgerung von Winternitz: die erweiterten Hautgefässe haben erhöhte Spannung durch aktive Erweiterung unter dem Einfluss dilatatorischer Nerven) nicht an, folgerte vielmehr aus dem Versuche, dass Hautgefässe und Radialis ein verschiedenes Verhalten zeigen, und trat der Lehre entgegen, dass eine durch Tätigkeit der dilatatorischen Nerven erzeugte Gefässerweiterung mit erhöhter Spannung einhergehe. Winternitz'[9]) Antwort lautete: »Die Überreiz- oder Lähmungshypothese rührt ja doch nur daher, dass wir uns eine Erweiterung der Gefässe durch eine Zusammenziehung der Längsfasern so schwer physikalisch vorzustellen vermögen. Übrigens hat schon Exner in einer im Jahre 1877 in der Akademie der Wissenschaften publizierten Arbeit die physikalische Möglichkeit der aktiven Lumenerweiterung der Gefässe erwiesen. Die Dehnung eines Kautschukrohres in seiner Längsrichtung gibt uns ja ein analog anzusehendes Verhalten. Im Dehnungszustande wird das Lumen enger, bei dem Nachlassen des Zuges, also der Verkürzung der Längsfasern wird das Rohr wieder weiter. Jedenfalls ist kaum glaublich, dass Kälte eine Herabsetzung des Tonus, einen lähmungsartigen Zustand bewirken könnte«. Aus dieser Erklärung geht nun hervor, dass Winternitz die Erweiterung des Gefässes durch Nachgeben gedehnter (wodurch gedehnter?) Längsfasern, vielleicht unter dem Einflusse dilatatorischer Nerven, die demnach Muskeln sein müssen, für möglich

hält und tritt dadurch in scharfem Gegensatz zur heutigen Auffassung der Lehre von der Tätigkeit der Dilatatoren. Die angeführte Analogie des Verhaltens eines Kautschukschlauches ist nicht glücklich gewählt; denn mit dem Nachlassen der Lähmungsdehnung sinkt der Elastizitätskoëffizient und damit der Tonus. Nach dieser Erklärung von Winternitz, selbst wenn sie richtig wäre, besteht der von Matthes erhobene Einwand gegen den Beweis aus den vor und nach dem kühlen Bad gewonnenen Kurven weiter. Die Schlüsse, die Winternitz aus dem Verhalten des allgemeinen Blutdrucks zieht, basieren auf der Grundlage, dass allgemeiner Blutdruck und Tonus der Hautgefässe parallel verlaufen, ein Schluss, der, wie ich in einer späteren Mitteilung zeigen werde, nicht angängig ist. So bleibt als Stütze für die Winternitz'sche Theorie nur noch der Versuch der Kälteapplikation auf die Wirbelsäule. Aus diesem Grunde bin ich auf die Streitfrage eingegangen. Da die Wirkung der Dilatatoren die der Konstriktoren bei lang anhaltenden Reizen überdauert, so wäre in diesem Falle eine sekundäre Erweiterung der grossen peripheren Gefässe möglich, nach der Lehre der Physiologen mit Abnahme, nach Winternitz' Lehre mit Erhöhung des Tonus. Ich habe in meinen Versuchen die Winternitzschen Kurven nicht bestätigen können und muss diese auf eine Zufälligkeit zurückführen. Deshalb dürfen die Schlüsse aus diesen Winternitz'schen Kurven nicht verallgemeinert werden, abgesehen davon, dass Längsmuskeln der Gefässe von den Physiologen nicht anerkannt werden. Nun hat Buxbaum [10]), ein Schüler von Winternitz, in der zweiten Auflage seines Lehrbuchs die Winternitz'sche Lehre dadurch abgeändert, dass er die Stellen der ersten Auflage, die eine aktive Gefässerweiterung mit Erhaltung des Tonus durch Wirkung dilatatorischer Nerven (die er als »sicher« bestehend annahm) weggelassen hat, die Lehre der aktiven Gefässerweiterung mit Erhöhung des Tonus aber aufrecht hält.

Wie sollen wir uns bei Kälteapplikation auf die Wirbelsäule die Erweiterung der Radialis mit Erhaltung des Tonus durch Kontraktion von Längsmuskeln ohne Nerveneinfluss vorstellen? Dieser Versuch kann also für die neue Lehre nicht mehr als Beweis herangezogen werden, und damit fällt die letzte Stütze der Buxbaum-Winternitz'schen Lehre.

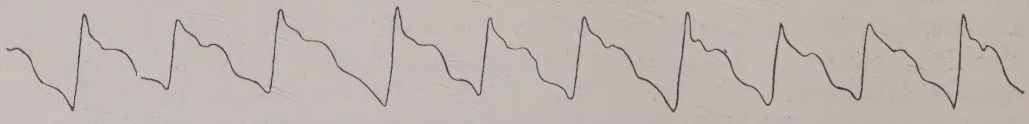
Es ist noch die Frage zu erörtern, ob die Erweiterung eines Gefässes mit Erhöhung des Tonus, wie sie Winternitz aus seinen besprochenen Kurven schliesst, nur nach Kälteapplikationen vorkommt. Bekanntlich lehrt Winternitz, dass lokale und allgemeine Wärmeprozeduren auch die Gefässe erweitern, aber mit Verlust des Tonus, dass nur bei Hitzeapplikationen (40° C und darüber) eine kurze primäre Verengerung auftritt. Kurve 1 und 2 sind vor und nach drei Minuten im Bad von

Fig. 1.



Vor dem Bad mit Dudgeons Sphygmographen. Freq. 90.

Fig. 2.



Mit Dudgeons Sphygmographen 3 Minuten nach Beginn eines Bades von 37° C aufgenommen. Freq. 84.

37° C bei einem Patienten mit chronischer Polyarthritis und kompensierter Mitralinsuffizienz aufgenommen. In drei Versuchen habe ich dasselbe Resultat erhalten. Hier hätten wir also als primäre Wärmewirkung, was Winternitz für sekundäre Kältewirkung für charakteristisch hält. Die Kurve 2 wird dadurch erklärt, dass zur Zeit der Aufnahme eine Blutdruckerhöhung besteht, die übrigens schon von Müller[11]) gefunden worden ist. Es liegt also ein passiv (aber nicht durch Lähmung der Gefässmuskulatur) erweitertes und gespanntes Gefäss vor.

Aus meinen Versuchen kann ich das Resultat feststellen, dass bei Applikation von Eisbeuteln längs der Wirbelsäule Verengerung der Hauptgefässe der Extremitäten, antagonistisch Erweiterung (wahrscheinlich durch Wirkung der Dilatatoren) der Muskelgefässe auftritt. Eine sekundäre Erweiterung der Hauptgefässe war auch bei längerer Dauer der Applikation nicht festzustellen.

In der zweiten Mitteilung werde ich die Resultate meiner Versuche, die lokale Kälteapplikationen betrafen, berichten. Mit Hilfe der Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle fand ich, dass sich die Gefässe der Extremität, die nicht vom Kältereize getroffen wurde, auch kontrahierten. Die Kontraktion liess aber eher nach als auf der direkt getroffenen Seite, und zwar mit dem Eintritte der Reaktion, vollständig bei kurzdauernden, unvollständig bei längerdauernden Kältereizen.

Literatur.

1) Grunmach, Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen. Du Bois' Archiv 1879.

2) Jaquet, Der Kardiosphygmograph. Verhandlungen des Kongresses für innere Medizin 1901.

3) Jaquet, Zur Technik der graphischen Pulsregistrierung. Münch. med.Wochenschr. 1902. No. 2.

4) Winternitz, Die Hydrotherapie auf physiologischer und klinischer Grundlage 1890. 2. Auflage. Bd. 1.

5) Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie des Kreislaufs 1893.

6) Matthes, Lehrbuch der klinischen Hydrotherapie 1900.

7) Matthes, Diese Zeitschrift Bd. 5. S. 146.

8) Goldscheider, Thermotherapie in Goldscheider und Jacob, Handbuch der physikalischen Therapie 1901. Teil 1. Bd. 1.

9) Winternitz, Hydrotherapie, Einleitung und physiologische Grundlage der Hydrotherapie in Goldscheider und Jacob, Handbuch der physikalischen Therapie 1901. Teil 1. Bd. 1.

10) Buxbaum, Lehrbuch der Hydrotherapie 1900. 1. Auflage. 1903. 2. Auflage.

11) Müller, Über den Einfluss von Bädern und Douchen auf den Blutdruck beim Menschen. Deutsches Archiv für klinische Medizin Bd. 74.

In der nachfolgenden Arbeit soll versucht werden, die in der Literatur widersprechenden Angaben über den Einfluss thermischer Reize, besonders Kältereize*), auf das Gefässsystem unter Berücksichtigung selbsterhobener Befunde zu klären. Ich lasse dabei einen Teil der Literatur unberücksichtigt, namentlich solche Arbeiten, die den Einfluss auf tote Gefässe behandeln. Ich verweise deshalb auf die Arbeiten von Matthes[1]), Winkler[2]) und F. Pick[3]), wo sich eine kritische Sichtung der Literatur findet.

Eduards (zitiert nach Tholozan und Brown-Séquard) fand bei Eintauchen einer Hand in Wasser von 0° an der anderen in mehreren Versuchen ungefähr 5°R Abfall, woraus er ein Sinken der allgemeinen Körpertemperatur schloss. Tholozan und Brown-Séquard[4]) wiesen nach, dass dieser Schluss nicht richtig sei, sondern der Abfall der Temperatur in der nicht der Kälte ausgesetzten Hand auf reflektorischer Verengerung der Gefässe beruhe. Sie fanden bei einem Abfall in der von der Kälte betroffenen Hand von 10—18° C, bei einem Abfall von 1—12° in der anderen Hand die Temperatur des Mundes kaum merklich gesunken, sogar einige Male eher erhöht. Ausserdem stellte Brown-Séquard[5]) fest, dass während des Eintauchens der einen Hand in Wasser von 0° die Achselhöhlentemperatur der anderen Seite, die vorher 37 1/4° war, nach 1 1/2 Minuten 37,3, nach 5 37,4, nach 9 37,4, nach 20 37,35° betrug, während die andere (nicht eingetauchte) Hand 3 1/2° verloren hatte, die Temperatur der Füsse jedoch kaum variierte. In einigen Versuchen, wo der eine Fuss in Wasser von 5° getaucht war, fiel die Temperatur des anderen in 8 Minuten um 4°, die der Hände nicht.

Brown-Séquard nimmt einen nur in homologen Partien stattfindenden Reflex von den sensiblen Nerven aus unter Vermittelung des Rückenmarkes an, und zwar lässt er ihn von einer Reizung der schmerzempfindenden Organe ausgehen. Die Intensität des Schmerzes bestimmt den Grad der Verengerung. Ein Fall, in dem kein Abfall in der anderen Hand auftrat, bot keine Schmerzempfindung, der mit 12° den intensivsten Schmerz dar.

Die Art, wie Brown-Séquard gemessen hat, halte ich jedoch nicht für einwandsfrei. Gewiss ist es richtig, dass nach 30 Minuten langem Liegen des Thermometers in der geschlossenen Hand die angegebene Temperatur (in einem Versuche 36 1/2°) nicht die der Haut der geschlossenen Hand, die von einer Luft von 12 oder 15° Wärme berührt wird, ist. Dass diese aber durch 2 Minuten langes Liegen des Thermometers in der geschlossenen Hand (in dem angeführten Versuche Temperatur 31°, also 5 1/2° weniger als bei 20 Minuten langem Liegen) angegeben werden soll, ist sehr zweifelhaft.

---

*) Die nächste Mitteilung betrifft Wärmereize. Um Wiederholungen zu vermeiden, ist die diesbezügliche Literatur hier angeführt.

Es ist weder Stefani[6]), noch dessen Assistenten gelungen, einen Einfluss der Kälte auf die Temperatur der anderen Hand zu konstatieren, nach Stefani auch Vulpian[7]) nicht; dieser soll sogar in einer grossen Zahl von Fällen ein Steigen anstatt eines Absinkens der Temperatur der anderen Hand gesehen haben. Paneth[8]) gibt jedoch an, dass Vulpian die Versuche Tholozans und Brown-Séquards bestätigt hat. Stefani stellt auf Grund dieser Befunde und seiner noch zu besprechenden jeden reflektorischen Einfluss der Temperatur auf die Gefässe in Abrede, sieht in den Befunden Brown-Séquards u. a. nur Folge der Schmerzempfindung.

Winternitz[9]) fand nach 15 Minuten dauernder Applikation von Umschlägen, die in Eiswasser getaucht waren, auf den Oberarm die Temperatur der Achselhöhle um 0,2 ° gestiegen, die der Hand um 0,6 ° gesunken. Balli[10]) hat gelegentlich der Untersuchung von Temperaturreizen auf das menschliche Flammentachogramm die Temperatur der geschlossenen Hohlhand in der Regel zuerst steigen, dann abfallen sehen. In einem angeführten Versuche, wo der Glasärmel mit einer Kältemischung von —12 ° C umgeben war und Balli die Temperatur in demselben wegen der mässigen Kälteempfindung nicht unter 15 ° C annahm, stieg binnen 20 Minuten die Temperatur der Hand von 31,5 ° C auf 33,5 ° C und sank allmählich auf 26 ° C.

J. v. d. Becke-Callenfells[11]) beobachtete als erster die Kontraktion der Ohrgefässe des Kaninchens bei Eintauchen des Körpers in kaltes Wasser, die er auf einen Einfluss des abgekühlten Blutes auf die Zentralorgane zurückführte. Paneth bestätigte diese Versuche. Wenn er Kaninchen aus einem heissen Bade oder aus Zimmertemperatur in ein kaltes Bad (mit Ausnahme des Kopfes) von 12—20 ° setzte, trat in kürzester Zeit eine maximale Verengerung der Ohrgefässe bis zum Verschwinden ihres Lumens ein. Als neue Tatsache fügte er hinzu, dass sich die Verengerung ohne Schwankungen, so lange der Versuch dauerte, erhielt. Nur nach längerem Aufenthalte in kaltem Wasser dauerte die Verengerung, selbst bei Eintauchen in warmes Wasser, geraume Zeit an, ehe sich die Ohrgefässe erweiterten.

Die Versuche, bei denen die Hinterextremitäten und der untere Teil des Rumpfes der Kaltwasserapplikation ausgesetzt wurden, müssen mit Vorsicht verwendet werden, liegen doch Tatsachen vor, die eine entgegengesetzte Wirkung der Applikation auf die Extremitäten und der auf den Bauch annehmen lassen. So fand Schüller[12]) nach Kälteapplikation auf die Hinterbeine des Kaninchens Verengerung der Piaarterien, nach solcher auf die Bauchhaut Erweiterung. Winternitz stellte bei einem 8 °igen Sitzbade im Augenblick der Berührung der Körperteile mit dem kalten Wasser plethysmographisch eine Vermehrung des Armvolumens fest und schliesst aus dem plötzlichen Anstieg einen nervösen Vorgang. Delezenne[13]) berichtete am vierten internationalen Physiologenkongress 1898 in Cambridge von Versuchen, bei denen Kälte eine Verengerung der Eingeweidegefässe hervorrief, während die Gefässe der Peripherie sich erweiterten. Beim Hund durchschnitt er die Femoralgefässe und verband sie mit denen eines anderen Hundes. Die Nerven waren erhalten. Die Kälte konnte unter diesen Bedingungen eine Vermehrung des Volumens des betreffenden Gliedes und eine Steigerung der Temperatur in ihm hervorrufen, woraus Delezenne auf eine aktive Vasodilatation schliesst. Leider gibt er in dieser kurzen Mitteilung nicht an, wo die Kälte appliziert wurde. Gottlieb und Magnus[14]) zeigten gelegentlich der Untersuchung der Strophantinwirkung auf den Kreislauf, dass die reflektorische aktive Vasodilatation der Extremitätengefässe an die Verengerung der Baucheingeweidegefässe gebunden war, also in diesem Falle ein Gefässreflex vorlag. (Sie experimentierten wie Delezenne.) Hierher gehören auch die Versuche Wertheimers[15]), der bei Über-

giessungen des Thorax, Bauches und des ganzen Körpers mit Ausnahme des Rückens im Gegensatz zur Nierenvene den Druck in der Kruralvene steigen sah und daher bei einem Zusammenziehen der kleinen Gefässe der Niere die der unteren Extremität erweitert annimmt. Dass eine Verallgemeinerung dieser Befunde nicht angängig ist, geht einmal daraus hervor, dass er plethysmographisch bei Übergiessung des Thorax mit kaltem Wasser ein Steigen der Volumenkurve der Hinterpfote fand, die auch bei Abnahme des anfangs erhöhten arteriellen Druckes weiter stieg, während doch die Untersucher übereinstimmend bei direkter Kälteapplikation auf eine Extremität eine Abnahme des Volumens derselben und auch des der anderen Seite angeben. Dann fand Pick, dass Schneeeinpackung des Beines stets eine deutliche Verlangsamung der ausströmenden Blutmenge zur Folge hatte. Dadurch, dass Applikationen auf die Extremitäten, und solche, die Extremitäten und Bauch (auch Thorax) zugleich trafen, oder letzteren allein, nicht genügend auseinandergehalten sind, wurden zum Teil untereinander widersprechende Wirkungen des Kältereizes (ganz allgemein gesprochen) angegeben.

Fredericq[16]) hat an weissen Kaninchen und Hunden bei Eintauchen einer Hinterpfote in Wasser von 13° diese, sowie die andere erblassen sehen, nicht aber die Vorderpfoten. Ischiadikusdurchschneidung liess den Effekt beiderseits ausbleiben, woraus Fredericq den Vorgang reflektorisch erklärt, wozu er ausserdem kommt, weil sich die Gefässe der kurz nach Tötung eines weissen Kaninchens abgeschnittenen Ohren beim Eintauchen in Wasser von + 13°, + 2° und — 10° nicht verengten. Nach Fredericq hat v. d. Becke-Callenfells gleichfalls eine bilaterale Verbindung der reflektorischen Innervation der Gefässe des Kaninchenohrs festgestellt.

Stefani liess durch eine Hinterextremität physiologische Kochsalzlösung unter konstantem Druck (100 mm Hg) strömen, deren Temperatur er plötzlich zwischen 40—45 und 20—30° wechselte, und beobachtete dabei den Karotisdruck. Er fand keine Beeinflussung desselben, wenn die Temperatur nicht exzessiv die physiologischen Grenzen überschritt, wenn dies aber, sowohl nach unten als nach oben, geschah (z.B. bei Berührung der Haut mit Eis oder mit Wasser von 55°), hob sich der Blutdruck sehr ausgesprochen, worin Stefani einen durch Schmerzempfindung hervorgerufenen Allgemeinreflex sieht. »Es scheint mir wenig wahrscheinlich, dass durch Temperaturreize Allgemeinreflexe hervorgebracht werden.« Auch Winkler konnte beim langsamen Einspritzen grösserer Mengen kalten defibrinierten Blutes in die Karotis keine Beeinflussung der Ohrgefässe des Kaninchens feststellen und nimmt deswegen keinen Einfluss auf die Blutgefässe von seiten der Temperatur des in ihnen zirkulierenden Blutes hinsichtlich ihrer Weite an, »wenn sich die Temperaturen innerhalb der bei normalen Tieren vorkommenden Grenzen bewegen«. Winkler ging weiter. Er legte durch einen Schlitz in der Rückenhaut ein Glasrohr in das subkutane Gewebe. Die Ränder des Schlitzes wurden mit Pinzetten an das Glasrohr angepresst. Im Glasrohr strömte Wasser von 50° 5 Minuten lang. Es erfolgte keine Gefässerweiterung im Kaninchenohr. Nach Entfernung des Glasrohres zeigte die Tasche 42° C. Dann wurde die Haut der entsprechenden Rückenstelle mit warmem Wasser bespült, und schon nach 30 Sekunden trat an den Ohren Erweiterung auf, woraus Winkler schliesst, »dass es sich beim Eintritt des Reflexes nicht nur um die Zufuhr einer gewissen Wärmequantität in den Körper, auch nicht um die Zufuhr zur Haut handelt, sondern dass die Wärmezufuhr in solcher Weise geschehen muss, wie sie normalerweise zu einer Wärmeempfindung führt«. Dieser Versuch ist allerdings nicht mit

Kälte angestellt, ein solcher würde auch, da ja Schmerz wie Kälte den Druck steigert, keine Beweiskraft gegen Stefanis Ansicht haben. Er zeigt aber, dass, was Stefani zu prüfen unterliess, eine Wärmewirkung von der Haut aus eintritt, woraus auch auf eine reflektorische Kältewirkung von der Haut aus geschlossen werden muss. Goltz und Ewald[17]) nahmen den unteren Teil des Rückenmarkes beim Hunde weg, durchschnitten den rechten Ischiadikus und stellten Monate nach Vornahme dieser Operationen Folgendes fest. Ein zwischen den Zehen eingelegtes Thermometer zeigte an der rechten Hinterpfote (Ischiadikus durchschnitten) 25°, an der linken 29°. Hierauf wurde die linke Hinterpfote andauernd mit Schnee umpackt. 20 Minuten später betrug die Temperatur der rechten Hinterpfote noch immer 25°. Nach Herausnahme aus dem Schnee stieg die Temperatur der betroffenen Pfote allmählich auf 34,5°, die andere Seite zeigte 24,5°. Die Gefässe der Hinterpfoten behielten die Fähigkeit, auf örtliche Reize (auch Kälte) hin sich zu verengen. Einpackung des gelähmten Schwanzes in Kältemischung von Eis und Kochsalz hatte keinen Einfluss auf die Temperatur der Hinterpfoten. Diese Versuche erfuhren durch Winkler eine Ergänzung. Er fand am normalen Kaninchen bei Einwirkung von Kälte auf die Hinterbeine in wenigen Sekunden Verengerung der durch Wärme dilatierten Ohrgefässe, bei Tieren mit durchschnittenem Rückenmark erst nach mehreren Minuten (5, 10 Minuten, bis zu $^1/_2$ Stunde). Wurden nicht anästhetische, also oberhalb der Durchschneidungszone liegende Stellen eingetaucht, trat nach Sekunden ein Erfolg ein. Winkler kommt durch diese und andere Versuche zu dem Schluss, dass die verspätete Fernwirkung vom Hintertiere aus auf die Ohrgefässe dadurch zu stande kommt, dass das im Hintertier erwärmte (bezw. erkaltete) Blut allmählich in die Haut des Vordertieres gelangt, hier eine Wärme(Kälte)empfindung erzeugt und auf diesem Wege durch die Temperaturnerven reflektorisch die Erweiterung (Verengerung) der Ohrgefässe ausgelöst wird, ein Reiz des erwärmten (abgekühten) Blutes auf das Gefässzentrum in der Medulla nicht stattfindet. (Mir erscheint der Ausdruck Wärme- respektive Kälteempfindung nicht ganz angebracht, da wir unter Empfindung einen psychischen Vorgang verstehen, den Winkler nicht annimmt.)

Von den interessanten Versuchen Winklers über den Reflexbogen sei hier nur angeführt, dass nach Exzision eines Stückes Halssympathikus und Ausreissen des Auriculocervicalis von der Basis der Ohrmuschel aus sich an beiden Ohren bei lokaler Einwirkung der gewohnte Effekt zeigte, der Kältereflex vom Hintertier weiter bestand, der der Wärme aber nicht. François-Frank[18]) sah mit Sinken der Temperatur im plethysmographischen Stiefel in gleichem Masse Absinken des Volumens von Hand und Unterarm. Ferner applizierte er auf die Haut der vorderen und inneren Ellenbeuge ein grosses Stück Eis, während der periphere Teil des Armes im Plethysmographen lag. Nach vier Sekunden (das Eis war unterdessen weggenommen) begann eine Verminderung des Volumens und der Höhe der Schwingungen. Um 15 Sekunden herum stieg das Volumen allmählich, aber nicht zur ursprünglichen Höhe. Auch sphygmographisch wurde dieselbe Wirkung festgestellt. Auf die äussere und hintere Seite des Ellenbogens appliziert, wurde das Plethysmogramm ebenso verändert, aber auch wenn Eis auf den Rücken der anderen Hand gelegt wurde, woraus François-Frank einen Reflex von den Nervenendigungen in der Haut aus annimmt. François-Frank[19]) hat ausserdem mit einem von ihm konstruierten Apparate nach Auflegen von Eis auf den Handrücken nach einigen Zehntelsekunden Verminderung des Volumens der Endphalange festgestellt; nach ca. $^1/_2$ Minute erfolgte stufenweise ein Anstieg, sogar bis zu einer Übererweiterung

kam es. Auf der anderen Seite war das Resultat weniger ausgeprägt, zögernder und weniger andauernd. Hallion und Comte[20]) haben unter François-Franks Leitung dessen Apparat verbessert und die diesbezüglichen Experimente wiederholt. Oft, sagen sie, war die Verengerung bis zu einem gewissen Grade von Erweiterung gefolgt. Jeder sensible Reiz (auch Kälte) rief unabhängig von seiner Applikationsstelle mit Ausnahme von Wärme Verringerung des Volumens und zwar in allen vier Extremitäten hervor. Bei Wärme sahen sie entsprechend dem Grade der Erwärmung Vergrösserung des Volumens, ohne sagen zu können, dass dies auf dem Wege des Reflexes geschähe. Sie stellten ferner die interessante Tatsache fest, dass der Reflex bei Hysterischen auch dann eintrat, wenn vollkommen anästhetische Stellen gereizt wurden, dass also die Psyche keinen Anteil am Vorgange hat.

Winternitz fand die dem Pulse entsprechenden Schwankungen mit dem Plethysmographen bei Kälteeinwirkung erniedrigt (bei solcher von Wärme erhöht), ebenso A. Mosso[21]), der gleichzeitig den anderen Arm im indifferenten Plethysmographen beobachtete, dort bei Anwendung von 23 und 20° die Depression der Pulsschläge ganz merklich, aber nicht so beträchtlich als auf der von der Kälte betroffenen Seite (wo er ausserdem ein Absinken des Volumens notierte), bei intensiver und längerdauernder Kälteanwendung auf der anderen Seite »schwerlich irgend welche Abweichung« fand (nach meiner Messung ist die Kurve um $^1/_5$ kleiner geworden), woraus A. Mosso schliesst, dass in diesem Falle die Kältewirkung eine rein lokale ist. Amitin[22]) stellte fest, dass sich der Arm im Plethysmographen um so mehr kontrahiert, je mehr man das Wasser (von 31—15°) abkühlt. Doch sind die anfänglichen Volumenabnahmen grösser als die späteren. Temperaturen unter 18—12° veranlassten sogleich tonischen Krampf der Gefässe. Allmähliche Steigerung der Temperatur von 33 auf 43° erweiterte die Gefässe. Die Erscheinung war geringer bei hohen Temperaturen. Die erweiterten Gefässe verengten sich aber infolge psychischer Erregung. Die plethysmographische Kurve der anderen Seite veränderte sich folgendermassen: Der Abfall von 33,5° auf 28,5° z. B. war auf der anderen Seite von einer starken Gefässkontraktion begleitet, bei Erhaltung der konstanten Temperatur um 28° nahm der Tonus der Gefässe rasch zu. Bei weiterer Minderung der Temperatur wuchs auch der Tonus noch mehr. Die Wirkung war nachhaltig. Im Gegensatz zur Kälte — bei ganz allmählicher Abkühlung sank das Volumen — trat bei allmählicher Wärmeanwendung (von 34° auf 43°) keine Vergrösserung des anderen Armvolumens ein, bei plötzlicher Einwirkung (Übergiessung) von Wärme (Temperaturangabe fehlt) aber sank es sofort, was auch auf der der Applikation ausgesetzten Seite der Fall war. U. Mosso[23]) hält die bei Kälteapplikation eintretende Verminderung des Volumens, soweit sie anfangs bei allmählicher Abkühlung erfolgt, für reflektorisch bedingt, weil sie auch auf der anderen Seite, wenn auch weniger stark, auftritt. Er glaubt, dass die »wahre« Kontraktion des Gefässes erst bei 10° beginnt, weil bei der Abkühlung von 11 auf 10° eine Volumenverminderung um 15 cm³ eintrat, während diese bei Abkühlung von 14 auf 12° nur 2 und von 12 auf 11° 3 cm³ in einem Versuche betrug. Bei weiterer Abkühlung von 10 auf 7,4° in acht Minuten sank, trotzdem die Hautgefässe sich erweitert hatten, das Volumen des Armes weiter; Haut- und tiefe Gefässe verhielten sich also entgegengesetzt. Eine Minute später (vier Minuten nach Erweiterung der Hautgefässe), bei einer Temperatur von 7,2° stieg das Volumen um 2 cm³. Jetzt trat also auch die Erweiterung der tiefen Gefässe auf, die im ganzen bei einer Abkühlung von 7,4 auf 6,8° innerhalb drei Minuten 12 cm³ betrug. U. Mosso sieht in der Erweiterung der

Gefässe eine Lähmung derselben, die nach ihm wahrscheinlich durch eine Ernährungsstörung der Muskelfasern verursacht wird. Auch die Erweiterung durch Wärme von 33° an aufwärts wird von U. Mosso für eine reine Lähmungserscheinung gehalten. Auf der anderen Seite war, wie bei Amitin, keine Neigung zu einer Erweiterung vorhanden und, im Gegensatz zu Amitin, reagierten die durch Wärme erweiterten Gefässe auf Reize (Schmerz) nicht, was auf der anderen Seite geschah. Neu[24]) konnte bei einem 42 Minuten dauerndem Armbade, das mit 10° R begann und mit 3° R aufhörte und zu einer allmählichen Steigerung des Blutdrucks (mit Gärtners Tonometer an der anderen Hand gemessen) von 105 auf 155 mm Hg führte, am Schluss des Versuches keine Blutdrucksenkung feststellen, woraus er schliesst, dass es zu keiner Lösung des Gefässkrampfes durch längerdauernde intensive Kälteanwendung kommt. Dagegen hat der Versuch von U. Mosso durch F. Pick eine Bestätigung erfahren. Pick hat in seinem schon angeführten Versuche nach anfänglicher beträchtlicher Verminderung der Ausflussmenge des Blutes aus der Femoralvene bei Einpackung des Beines in Schnee nach 1 Stunde 15 Minuten die Ausflussmenge steigen sehen. Mir scheint die Erklärung Picks nicht genügend. Wenn ich ihn recht verstehe, nimmt er an, dass durch die Abkühlung der Haut die Differenz zwischen Haut und Schneeeinpackung und dadurch der Reiz vermindert, die Erweiterung also durch einen Nachlass des Reizes während der Schneeeinpackung hervorgebracht wird. Die Erweiterung tritt aber zu einer Zeit ein, wo die Haut schon lange vorher als durchkühlt angesehen werden muss. Die Erweiterung der tiefen Gefässe muss meines Erachtens in den Gefässen seine Ursache haben. Da die Hautgefässe schon viel eher weit werden, muss die Vergrösserung der Ausflussmenge, die Strombeschleunigung in der Femoralvene durch Erweiterung tiefer Gefässe geschehen sein. Pick hat ferner gezeigt, dass die nach Ischiadikusdurchschneidung regelmässig auftretende Vermehrung der Ausflussgeschwindigkeit bei vorher applizierten intensiven Kältereizen ausblieb, dass an Extremitäten, deren Vasomotoren durch vorher vorgenommene Durchschneidung gelähmt waren, die Kältewirkung eintrat und kommt zu dem Schluss, dass die Steigerung des Gefässtonus bei entsprechender Stärke des Kältereizes direkt an der Gefässmuskulatur ansetzt und gegenüber den Einflüssen des Nervenapparates überwiegt (was auch für die Gefässerweiterung nach Wärme gilt). Dass der Nervenapparat bei Kälteeinwirkung aber auch beteiligt ist, zeigt der Umstand, dass in dem von Pick angeführten Versuche eine gleichsinnige Veränderung im anderen, nicht von der Kälte betroffenen Beine eintrat und zwar mit derselben Intensität. Verminderung der Geschwindigkeit des Blutstromes durch Kälte wurde auch von Balli vermittels des Flammentachogramms nachgewiesen. Magendie und Poiseuille[25]) fanden mit dem Hämadynamometer, dass das aus einem erkalteten Gliede zurückkehrende Blut, um die Flüssigkeitssäule des Instrumentes bis zu einem bestimmten Punkte steigen zu lassen, 55 Sekunden, das aus dem normal temperierten Gliede nur 38 Sekunden brauchte. Umgekehrt verhielt sich die Geschwindigkeit des Blutstromes bei Wärmeanwendung, was auch Balli, Pick und neuerdings Bier[26]) experimentell feststellten und damit in Gegensatz zu Winternitz und dessen Schule traten, die in ihren Fundamentalsätzen behaupten, dass die Gefässerweiterung durch Wärme mit einer Verminderung der Blutströmung einhergehe. Übrigens hat Winternitz selbst S. 71 seines Lehrbuches eine beschleunigte Zirkulation in den von der Wärme betroffenen Teilen angegeben. Über die Verhältnisse bei Kälteapplikation und die Ansichten der Winternitz'schen Schule über dieselben gehe ich weiter unten ein.

Die Arbeiten, die bei direkter Kälteapplikation lokale primäre Erweiterung angeben, übergehe ich. Erwähnt sei nur die Arbeit Döhrings[29]), der die Reaktion, also die sekundäre Erweiterung der Hautgefässe als Primärwirkung auffasst. Er untersuchte den Kapillardruck mit einer von Hermann unter dem Namen Piezoskop angegebenen Abänderung des v. Kries'schen Instrumentes. Er fand ihn nach Applikation von 5—10 °igem Wasser auf die menschliche Haut bei der sekundären Rötung nach Kälte gesteigert, nach primärer Erweiterung durch Wärme vermindert.

Hinzufügen will ich gleich hier, dass nach Anämisieruug des Fingers bei der sekundären Röte nach Kälte das Wiederauftreten der Röte langsamer, bei der Rötung nach Wärme schneller als im unbeeinflussten Zustande erfolgt.

Ich habe im Vorstehenden die Literatur länger, als es üblich ist, wiedergegeben. Ich habe nicht nur das, was gefunden ist, ausgeführt, sondern auch, wie es gefunden ist, was ich zu einer Klärung der widersprechenden Befunde für nötig hielt.

Die Temperaturen sind, soweit nichts anderes bemerkt ist, in Celsiusgraden angegeben.

Ich führe zunächst meine thermometrischen Versuche an, die ich der Raumersparnis wegen möglichst kurz fasse. Das Thermometer lag stets in der geschlosssenen Hand und vor dem Versuche so lange, bis kein Steigen mehr erfolgte, wozu manchmal bis 1/2 Stunde nötig war. Man erkennt die richtige Angabe der Temperatur der geschlossenen Hohlhand daran, dass leichte Schwankungen eintreten und bei Bewegungen, z. B. Umhergehen im Zimmer, die Temperatur um ein geringes wieder sinkt. Die Versuche habe ich mit einer Ausnahme an mir selbst angestellt.

Versuch I. Andere Hand in Wasser von 10°. Vorher: 36,2° (beiderseits). Nach 2 Minuten 0.2, nach 10 Minuten weitere 0,5 3/4° Abfall. Weiteres Sinken nach Herausnahme der Hand aus dem Wasser 3 Minuten lang um 0,1 1/4°, also im ganzen um 0,9°. In den folgenden 10 Minuten 0,3 1/2° Anstieg.

Versuch II. Andere Hand 2 Minuten lang in Eiswasser, auf dem oben Eis mit Salz bestreut schwimmt (Temperatur in den unteren Schichten + 1°, in den oberen — 1/2°), dann die andere Hand noch 1 Minute in der Eisschicht. Während des Eintauchens von 1/4 Minute an äusserst schmerzhaftes Kältegefühl. Vorher 36,4 3/4°. Nach 2 Minuten 0,1, nach 3 Minuten weiterer Abfall um 0,1°. Noch 1 Minute nach Herausnahme weiterer Abfall um 0,0 3/4, also im ganzen um 0,2 3/4°. Nach weiteren 7 Minuten ist die Anfangstemperatur wieder erreicht, die bis zur Beendigung des Versuches (noch weitere 2 Minuten) konstant bleibt.

Versuch III. Rechter Fuss 4 Minuten lang bis über den Knöchel in Eiswasser. Temperatur in den unteren Schichten + 3°. Oben schwimmt Eis. Nach 1 3/4 Minuten an der rechten Hand 0,1, an der linken 0,1 1/4, nach 4 Minuten rechts im ganzen 0,3, links 0,4 1/4° Abfall. Nach der Herausnahme beiderseits noch 1 1/2 Minuten lang Sinken der Temperatur, rechts 0,1 1/4, links noch 1 1/2°. Dann beiderseits zugleich Anstieg. Stunden lang nachher eigentümliches Gefühl von Leichtigkeit, Frische und dabei Wärme in Fuss und Unterschenkel.

Versuch IV. Junger Bademeister. Zimmertemperatur 21 1/2° C. Rechter Fuss bis über den Knöchel in Wasser von 3° C ohne Eisstücke. Nach 3/4 Minute sehr starkes schmerzhaftes Kältegefühl. 1 Minute: Schmerz geht bis zur Kniekehle. 1 Minute 40 Sekunden: Schmerz gibt nach. 2 Minuten: Kein wesentliches Schmerzgefühl mehr. 2 Minuten 45 Sekunden bemerke ich, dass das Gesicht der Versuchsperson sehr blass ist, Sie gibt an, dass es ihr »um den Magen herum« schlecht ist. Temperatur nach 3 Minuten beiderseits 0,0 1/2° gesunken. Nach 4,5 Minuten dieselbe Temperatur. Fuss aus dem Wasser. 10 Minuten nach Beginn des Versuches keine Änderung. Darauf linke Hand und Unterarm in Wasser von 5 1/2° C. 1 Minute später ist die Temperatur in der rechten Hand 0,0 1/4° gesunken, sinkt während 5 Minuten langen Eintauchens im ganzen um 0,1° und weniger, sinkt noch 6 1/2 Minuten nach Herausnahme um weitere 0,2 3/4° und bleibt nach 5 1/2 Minuten unter geringen Schwankungen gleich.

Versuch V sofort hinterher an mir vorgenommen. Linker Fuss bis über den Knöchel in Wasser von 3 1/2 ° C. In 6 Minuten sinkt die Temperatur der linken Hand um 0,2 3/4 °, noch 1 Minute nach Herausnahme um weitere 0,0 1/4 °. 3 Minuten nach derselben ist die Temperatur wieder um 0,1 1/2 ° gestiegen. Von Minute zu Minute allmähliches weiteres Steigen. Ausgangstemperatur 8 Minuten nach Herausnahme erreicht. 12 Minuten nach derselben 0,0 1/2 ° mehr. Während des ganzen Versuches niemals Übelkeit. Das bei Versuch III noch Stunden lang anhaltende eigentümliche Gefühl wurde nicht bemerkt. Darauf wird die rechte Hand und der rechte Unterarm in Wasser von 5 ° getaucht. In 6 Minuten 0,2 1/2 ° Abfall. 5 Minuten nach Herausnahme noch weiterer Abfall um 0,1 °. 2 weitere Minuten bleibt die Temperatur gleich.

Versuch VI. Applikation eines grossen Stückes Eis auf die Rückseite des rechten Ellenbogengelenkes. Nach 1 Minute rechts 0,0 1/2, links 0,1 ° Abfall. Heftiger Schmerz, namentlich an der Ulnarseite des Unterarms. Nach 2 Minuten rechts im ganzen 0,1 1/2, links 0,2, nach 3 Minuten rechts 0,2 1/2, links 0,2 1/2, nach 4 Minuten rechts 0,3 1/2, links 0,3 1/2 ° Abfall. Eis weg. Leichte Berührung des Ulnaris beim Abtrocknen ruft schmerzhafte Parästhesien im kleinen Finger hervor. 6 Minuten nach Beginn des Versuches rechts weiteres Absinken um 0,1 1/2, links um 0,1 °. 8 Minuten: Rechts Anstieg um 0,1 1/2, links um 0,2 1/2 °. 17 Minuten: Rechts Temperatur weiter gestiegen, aber noch 0,2 ° unter der Ausgangstemperatur, links Ausgangstemperatur erreicht. Darauf Applikation desselben Stückes Eis in der rechten Ellenbeuge. Nach 1 Minute beiderseits Absinken rechts um 0,0 1/4, links um 0,0 1/2 °, nach 5 Minuten rechts im ganzen um 0,2 1/2, links um 0,2 1/2 °. Eis weg. 1 Minute später rechts weiteres Sinken um 0,1, links um 0,0 1/2 °. Dann bleibt rechts die Temperatur 6 Minuten konstant, links steigt sie nach 2 Minuten um 0,2 °, nach 6 Minuten im ganzen um 0,3 1/2 °. Dann beiderseits allmählicher Anstieg. Die Temperatur wird beiderseits nach weiteren 8 Minuten konstant. Rechts ist sie 0,1 1/2 ° über die Ausgangstemperatur, links 0,5 ° über dieselbe gestiegen.

Versuch VII. Applikation eines grossen Stückes Eis 5 Minuten lang auf die rechte Ellenbeuge. Zimmertemperatur 20 ° C. Nach 1 Minute rechts 0,0 3/4, links 0,0 1/2 °, nach 5 Minuten im ganzen rechts 0,3 1/4, links 0,3 Abfall. Rechts sinkt die Temperatur nach Wegnahme des Eises noch 9 Minuten lang und zwar um weitere 0,6 1/2 °, links dagegen noch 7 Minuten und zwar nur um 0,2 1/2 °. Rechts erfolgt nach 3 Minuten langem Konstantbleiben, links nach 2 Minuten Anstieg, also links schon zu einer Zeit, wo rechts die Temperatur noch abfällt. 29 Minuten nach Wegfall des Eises ist rechts die Temperatur noch 0,5 1/4 ° unter der Ausgangstemperatur, links ist sie nach 28 Minuten konstant geworden, und ist 0,1 1/4 ° unter der Ausgangstemperatur.

Versuch VIII. Applikation eines grossen Stückes Eis auf die Rückseite des unteren Oberarmes rechts mehr nach aussen. Dauer 5 Minuten. Auf der rechten (von der Kälte betroffenen) Seite 0,4 3/4, auf der linken 0,6 ° Abfall 7 Minuten nach Wegnahme des Eises. Beiderseits Anstieg zu gleicher Zeit. 9 Minuten später ist beiderseits die Ausgangstemperatur erreicht, die 3 Minuten später beiderseits schnell weiter steigt, rechts 0,4 3/4, links 0,4 °, dann beiderseits absinkt. Der Ulnaris war nicht betroffen.

Versuch IX (an Versuch VIII angeschlossen). Applikation wie in Versuch VIII. Dieselbe Dauer. Grösster Abfall rechts 0,3 3/4 ° 3 1/2 Minuten, links 0,5 1/2 ° 5 Minuten nach Wegnahme des Eises. Fast gleichzeitig 20 Minuten nach Wegnahme des Eises beiderseits Ausgangspunkt erreicht.

Von den Versuchen, welche die Beeinflussung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle betrafen, führe ich folgende an, die mit einer Ausnahme an der liegenden Versuchsperson vorgenommen wurden:

Versuch X. Versuchsperson M. sitzt. Druck 130—135 mm Hg. Seite der Applikation. Versp. zwischen Karotis und Radialis vorher 0,06—0,061 Sek, Frequenzzeit 52 4/5. Eiswasserumschläge auf den Ober- und den oberen Teil des Unterarmes. 1/2 Minute später: Versp.: 0,05, Frequenzzeit: 51 1/3. 1 Minute: Umschlag erneuert, 2 1/2 Minuten: weg. 3 Minuten: Versp.: 0,05—0,053, Frequenzzeit: 48 3/4. 6 Minuten: Versp. 0,04—0,044, Frequenzzeit 48.

Versuch XI. Versuchsperson T. Manschettenförmige Applikation eines Winternitz'schen Schlauches auf den oberen Teil des Unterarmes. Die Temperatur des zufliessenden Wassers ändert sich wie angegeben. Die Temperatur des Wärme- resp. Kälteschlauches unterscheidet sich jedoch von der des zufliessenden Wassers um ungefähr 7° nach unten wie nach oben. I ist das Intervall zwischen Karotis und Kubitalis, II zwischen Kubitalis und Radialis und III zwischen Karotis und Radialis.

Temperat. des zufliessenden Wassers	Zeit	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	Freq.-Zeit
—	Vorher	0,066	0,021	0,087	0,066	0,02	0,086	0,054	0,012	0,066	0,064	0,016	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59
—	»	0,066	0,02	0,086	0,066	0,022	0,088	0,066	0,022	0,088	0,064	0,022	0,086	—	—	—	—	—	—	—	—	—	64½
45°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
»	8 Min.	0,075	0,028	0,103	0,082	0,024	0,106	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	64½
»	10 »	0,066	0,028	0,094	0,068	0,026	0,094	0,075	0,025	0,1	0,072	0,025	0,097	0,066	0,028	0,094	0,071	0,028	0,109	0,08	0,022	0,102	66
3½°	12 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
»	18 »	0,066	0,018	0,084	0,066	0,019	0,085	0,068	0,018	0,086	0,064	0,023	0,087	—	—	—	—	—	—	—	—	—	66½
»	20 »	0,072	0,018	0,09	0,066	0,019	0,085	0,07	0,017	0,087	0,071	0,017	0,088	0,066	0,019	0,085	0,066	0,019	0,085	—	—	—	66
»	22 »	0,066	0,014	0,08	0,061	0,016	0,077	0,064	0,016	0,08	0,06	0,018	0,078	0,064	0,016	0,08	—	—	—	—	—	—	66¾
45°	23 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
»	32 »	0,07	0,021	0,091	0,075	0,016	0,091	0,071	0,02	0,091	0,075	0,024	0,099	—	—	—	—	—	—	—	—	—	64½
48°	33 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50°	35 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
»	37 »	0,077	0,018	0,095	0,077	0,018	0,095	0,075	0,018	0,093	0,075	0,016	0,091	—	—	—	—	—	—	—	—	—	66½
48½°	40 »	0,071	0,022	0,093	0,071	0,018	0,089	0,077	0,012	0,097	0,075	0,02	0,095	0,077	0,019	0,096	0,075	0,019	0,094	—	—	—	64½
3°	41 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
»	56 »	0,066	0,014	0,08	0,066	0,013	0,079	0,066	0,013	0,079	0,066	0,012	0,078	0,07	0,012	0,089	—	—	—	—	—	—	70½

Versuch XII. Versuchsperson M. 2 Minuten langes Eintauchen von Hand und Unterarm in Eiswasser. Dieselbe Seite.

Zeit	Versp. zwischen Karotis und Radialis	Freq.-Zeit
Vorher	0,055/0,057/0,05	51
»	0,05/0,057	51½
»	0,051/0,051/0,051	48
	Eintauchen in Eiswasser.	
2 Min. — Sek.	Arm aus dem Wasser. Arm rot, aber nicht intensiv. ¾ Min. Abtrocknen.	
3 » 55 »	starke Reaktion	
7 » — »	0,038/0,04/0,038—0,036/0,038—0,036/0,038/0,036/0,04/0,033/0,03	51
10 » — »	Arm abgeblasst. Hand noch rot. 0,046/0,042/0,04/0,042/0,04/0,04/0,04/0,046	50
13 » — »	0,043/0,046/0,05/0,051/0,046/0,048	50
16 » — »	0,05/0,05/0,05/0,05/0,05	50
21 » — »	0,05/0,053/0,053/0,052	52
22 » — »	0,05/0,051	47
25 » — »	0,05/0,054/0,05/0,05/0,05/0,052	50½
48 » — »	0,06/0,054/0,057/0,054	52½

Versuch XIII. (Tags darauf.) Versuchsperson M. 2 Minuten langes Eintauchen von Hand und Unterarm in Eiswasser, im zweiten Teile in Wasser von 50° C. Andere Seite.

Zeit	Versp. zwischen Karotis und Radialis	Freq.-Zeit
Vorher	0,057/0,04/0,046/0,044/0,05/0,047/0,048/0,044/0,054/0,053	52
»	0,046/0,05/0,05/0,052/0,053	53
»	0,05/0,057/0,057/0,054/0,054	46
	Eintauchen in Eiswasser.	
0 Min. 15 Sek.	0,057/0,05/0,04/0,044/0,046	49½
0 » 45 »	0,04/0,04/0,04/0,04/0,035/0,035	46½
1 » 45 »	0,035/0,038/0,034	46
2 » — »	Arm aus dem Wasser. Haut rot, aber nicht intensiv.	
Sofort hinterher	0,038/0,04/0,04 Abtrocknen.	48
4 Min. — Sek.	ziemlich plötzlich starke Reaktion, scharf abgegrenzt	
5 » — »	0,061/0,05/0,06/0,057/0,057/0,046/0,044/0,05/0,054/0,05	53
11 » — »	fast ganz abgeblasst.	
14 » — »	0,05/0,05/0,05/0,053/0,06/0,05/0,06	49½
18 » — »	0,05/0,054/0,057	52
22 » 30 »	Der vorher in Eiswasser getauchte Arm wird in Wasser von 50° C getaucht. Kurvenaufnahme andere Seite.	
22 » 35 »	0,063/0,069	44½
23 » 45 »	0,063/0,06/0,057/0,059	48½
24 » — »	0,053/0,05	45
24 » 30 »	0,057/0,06/0,06/0,066/0,066	48
24 » 30 »	Hinterher Herausnahme aus dem Wasser. Sehr starke, scharf abgegrenzte Röte.	
25 » 20 »	0,06/0,066/0,057/0,054/0,05	47
32 » — »	0,06/0,057/0,057/0,061/0,05/0,05	50
35 » 30 »	0,063/0,061/0,061/0,06/0,06	52
42 » — »	0,051/0,057/0,054/0,054/0,05/0,054/0,057/0,054/0,057	57
47 » — »	0,054/0,057/0,057/0,057/0,057	51
50 » 45 »	0,52/0,054/0,057	48

Versuch XIV. Versuchsperson M. 2 Minuten langes Eintauchen von Hand und Unterarm in Eiswasser. 2. Teil: nochmaliges Eintauchen. Andere Seite.

Zeit	Versp. zwischen Karotis und Radialis	Freq.-Zeit
Vorher	0,05	68
	0,05/0,05	$67^1/_2$
	0,05	$62^1/_2$
	0,047/0,05/0,05	60
	Eintauchen in Eiswasser. Andere Seite.	
0 Min. 35 Sek.	0,043/0,044/0,044/0,04	$62^1/_2$
1 » 10 »	0,047/0,047/0,047/0,042	$61^1/_2$
2 » — »	kurz vorher 0,03/0,025/0,025/0,029/0,028	64
2 » — »	Hand und Arm aus dem Wasser. Arm wenig rot.	
2 » 50 »	Reaktion kommt gerade während der Aufnahme der Kurve: 0,033/0,033/0,044/0,04	65
3 » 30 »	Reaktion stark.	
4 » — »	0,05/0,044/0,05/0,05	66
4 » 50 »	0,047/0,046/0,05	69
6 » 25 »	Arm fasst ganz abgeblasst, Hand rot.	
	0,044/0,044/0,05/0,05	$68^1/_2$
7 » — »	Erneutes Eintauchen.	
7 » 35 »	0,046/0,05/0,05/0,05	$64^3/_4$
8 » 30 »	0,04/0,047/0,04	66
9 » 45 »	0,043/0,047/0,044/0,044/0,05/0,044	64
10 » — »	Arm und Hand aus dem Wasser. Leichte Röte, aber stärker als bei der ersten Herausnahme.	
10 » 50 »	0,045/0,053/0,05	64
11 » — »	Röte stärker 0,05/0,05/0,05/0,05	63
13 » — »	Hand warm, rot. Arm weniger rot. Gänsehaut.	
	0,054/0,054/0,054	65
16 » — »	Hand hochrot. Puls der eingetaucht gewesenen (also anderen) Seite immer noch kleiner.	

Versuch XV. Versuchsperson B. Hand und Unterarm in Eiswasser. Andere Seite.

Zeit	Versp. zwischen Karotis und Redialis	Freq-Zeit
Vorher	0,076/0,077/0,077	$61^1/_4$
»	0,08	
	Eintauchen der anderen Hand und des anderen Unterarmes in Eiswasser.	
1 Min. 45 Sek.	Zeit nicht geschrieben, aber deutliche Verkleinerung erkennbar.	
2 » 15 »	0,057/0,06/0,06/0,06	$62^1/_2$
3 » 15 »	Arm rötet sich 0,057/0,057/0,05	65
4 » 20 »	Arm stark rot. Venen treten stark hervor 0,05/0,044/0,05	$62^1/_2$
5 » 40 »	0,057/0,05/0,054	$62^1/_2$
6 » 30 »	Arm tief rot.	
7 » 50 »	0,057/0,057	$58^3/_4$
8 » 25 »	0,05/0,05	$57^1/_2$
	Herausnahme aus dem Wasser. Abtrocknen. Venen dünn (durch Abtrocknen?)	
9 » 30 »	0,053/0,05/0,05/0,057. Venen treten mehr hervor	$63^1/_3$
11 » — »	Hand feuerrot, Arm auch, aber weniger 0,066/0,066/0,066	$62^1/_2$
12 » 45 »	0,066/0,066	$63^1/_2$
15 » 50 »	Venen weiter, auch am Handrücken weiter werdend. Röte stark abgeblasst 0,066/0,066	

Versuch XVI. Versuchsperson B. Hand und Unterarm in Eiswasser. Andere Seite.

Zeit	Versp. zwischen Karotis und Radialis	Freq.-Zeit
Vorher	0,066/0,061/0,06/0,066	
	Hand und Unterarm in Eiswasser. Andere Seite.	
1 Min. 45 Sek.	0,054/0,05/0,053/0,05/0,057	
3 » 20 »	0,05/0,05/0,053	
4 » 20 »	0,053/0,055/0,05/0,05	
5 » 20 »	0,05/0,05/0,05	
6 » — »	0,05/0,057/0,053	
	Hand und Arm aus dem Wasser.	
6 » 45 »	0,057/0,053/0,053/0,054	
7 » 50 »	0,053/0,057/0,054	
8 » 30 »	wird der Puls auf der anderen (eingetaucht gewesenen) Seite grösser.	
9 » — »	0,062/0,066/0,071/0,066/0,066	

Versuch XVII. Versuchsperson M. Hand und Unterarm in Eiswasser. Andere Seite.

Zeit	Versp. zwischen Karotis und Radialis	Freq.-Zeit
Vorher	0,044/0,045/0,05	51
»	0,05/0,05	51
»	0,047/0,044/0,043/0,044/0,044	49½
	Hand und Unterarm in Eiswasser. Andere Seite.	
— Min. 35 Sek.	0,044/0,042/0,046/0,04	46½
2 » 10 »	wenig rot 0,04/0,04/0,036/0,036/0,033	48
3 » 45 »	0,036/0,033/0,036/0,033/0,033 Hand blau	49½
5 » 25 »	Kopf rot und warm 0,04/0,04 0,044/0,044/0,04	48
6 » 25 »	0,044/0,04/0,044	49½
7 » 45 »	0,044/0,04/0,04	47
8 » — »	Hand und Arm aus dem Wasser. Arm rot, Hand blau. Abgetrocknet.	
	Sämtliche bis 18 Min. 20 Sek. aufgenommenen Kurven schwanken zwischen 0,04 und 0,044.	

Versuch XVIII. Versuchsperson M. Eintauchen des Ellenbogens in Wasser von angegebener Temperatur. Gleiche Seite.

Temperatur	Zeit	Versp. zwischen Karotis und Radialis	Freq.-Zeit
Leere Wanne	Vorher	0,05/0,05/0,05/0,05/0,05/0,05/0,05	50¾
35°		Wasser steigt von unten auf.	
»	1 Min. 30 Sek.	0,06/0,057/0,06/0,054/0,057/0,054	50
28°	5 » — »	0,05/0,05/0,055/0,055/0,05/0,05	53
26½°	7 » — »	0,059/0,06/0,06/0,06/0,057	51
22°	14 » — »	0,057/0,066/0,066/0,066/0,066/0,066/0,06	54
18°	17 » — »	0,044/0,05/0,046/0,044/0,05/0,05	52½
15°	22 » — »	0,046/0,044	52½
13°	25 » — »	0,044/0,04/0,04/0,044	56
		Ellenbogen mit Wasser von 10° übergossen.	
13°	31 » — »	0,04/0,033/0,04/0,04	52½
13°	32 » — »	Arm zart rot 0,04/0,033/0,033/0,033	54
		Einige Zeit (genaue Zeit ist leider nicht notiert worden) nach Beginn des Versuches wurde infolge Undichtigkeit des Gefässes das Gesäss der Versuchsperson mitbetroffen. Diese empfand daselbst Kälte.	

Versuch XIX. Versuchsperson M. Hand und Unterarm bis Ellenbogen im Wasser von angegebener Temperatur. Andere Seite.

Temperatur	Zeit	Versp. zwischen Karotis und Radialis	Freq.-Zeit
	Vorher	0,043/0,046/0,044/0,046. Druck dauernd 120	58
	»	0,046/0,046/0,044/0,044	58
		Andere Hand und Unterarm bis Ellenbogen in Wasser.	
37°	1 Min. — Sek.	0,057/0,052/0,05/0,057	55 1/2
37°	2 » 30 »	0,057/0,054	55 1/2
30 1/2°	6 » 45 »	0,057/0,057/0,057	58 1/4
30°	8 » 10 »	0,05/0,05/0,05/0,05	59
25°	12 » 30 »	0,047/0,05/0,05	56 1/4
20°	17 » — »	0,052/0,05/0,05/0,05/0,05	57
18°	20 » 30 »	0,044/0,046/0,044	49
13°	24 » 15 »	0,044/0,046/0,046	57 1/2
11 1/2°	30 » 30 »	0,047/0,046/0,048/0,048	53 1/4
11 1/2°	32 » 45 »	0,046/0,048/0,046/0,047	54
		Hand und Arm aus dem Wasser, blaurot.	
	35 » — »	Finger rot. Arm blasser. Gänsehaut noch erhalten.	
	40 » — »	Druck 120. Hand rot, warm.	

Meine thermometrischen Versuche zeigen, dass der Grad des Absinkens nicht, wie Brown-Séquard und Stefani annahmen, von der Grösse der Schmerzempfindung abhängig ist; denn z.B. fiel das Thermometer in 2 Minuten bei Eintauchen in 10°iges Wasser um 0,2°, wo Schmerz kaum vorhanden war (Versuch I), bei Eintauchen in Eiswasser, auf dem Fis mit Salz bestreut schwamm und kolossaler Kälteschmerz bestand (Versuch II), in derselben Zeit nur ebensoviel. Der von mir in den Versuchen festgestellte Abfall stand dem von Tholozan und Brown-Séquard gefundenen bei weitem nach. Ich habe Zehntelgrade, diese haben ebensoviele Grade Abfall gesehen, was sich vielleicht aus der verschiedenen Messungsart erklärt. Die Grösse meiner Befunde kommt der von Winternitz erhobenen nahe.

Bei mir trat bei 4 Minuten langer Eiswasseranwendung auf den Fuss im ganzen ein Abfall von 0,4 1/2 in der gleichnamigen, 0,5 3/4° in der ungleichnamigen Hand ein. Gleichzeitig erfolgte in beiden Händen der Wiederanstieg (Versuch III). Bei 3 1/2°iger 6 Minuten langer Kälteanwendung auf den Fuss sank bei mir die Temperatur der Hand um 0,3 1/2° (Versush V), bei meinem Bademeister fiel die Temperatur unter denselben Versuchsbedingungen (Versuch VI) anfangs beiderseits um 0,0 1/2°, das noch dazu auf ein zufälliges Absinken der allgemeinen Körpertemperatur gesetzt werden muss, da während längerer Zeit kein Wiederanstieg erfolgte. Die Beeinflussung ist also individuell verschieden. Bei dieser Versuchsperson fiel jedoch die Temperatur der Hand bei 5°iger Kälteanwendung auf die andere um 0,2 3/4°. Es bestand also eine Beeinflussung in homologen Partien wie bei Brown-Séquard. Bei mir fiel unter denselben Bedingungen die Temperatur der anderen Hand um 0,3 1/2°. Auch bei Versuchen V und VI fand der grössere Abfall bei der Versuchsperson statt, die geringeren Kälteschmerz hatte. Es sind die Fragen zu beantworten, ob der Reflex auf der von der Kälteanwendung betroffenen Seite stärker ist, ob durch Anwendung auf einen der grossen Nerven oder das zuführende grosse Gefäss die Wirkung eine grössere ist. François-Frank hat in seiner angeführten grösseren Arbeit das Volumen von Hand und einem Teile des Unterarmes bei Applikation eines grösseren Eisstückes auf die Ellenbeuge, auf die äussere Rückseite des unteren Oberarmes und

auf die andere Hand in gleichem Sinne beeinflusst gesehen. Ob quantitativ bei diesen drei Versuchsanordnungen ein Unterschied der Wirkung bestand, hat er nicht geprüft und kommt zu dem Schluss, dass nur der Hautreiz die Ursache der Gefässverengerung ist, nicht aber eine direkte Beeinflussung von den mit dem Gefäss oder in den grossen Nerven verlaufenden Vasomotoren stattfindet. Die Frage, ob ein Einfluss auf das Gefäss selbst vorliegt, wirft François-Frank nicht auf. Beweisend sind hier nur an beiden Armen gleichzeitig aufgenommene Befunde. A. Mosso fand bei Anwendung von 23 und 25° die plethysmographische Kurve der anderen Seite nicht so beträchtlich erniedrigt, U. Mosso bei allmählicher Abkühlung anfangs das Volumen der anderen Seite weniger stark vermindert. Dieser nimmt auf der betroffenen Seite keine direkte Beeinflussung in diesem Falle, demnach einen weniger starken Reflex auf der anderen an, weil nach ihm die »wahre« Kontraktion des Gefässes erst bei 10° beginnt. Doch zeigt der von U. Mosso festgestellte starke Abfall bei 10° nur, dass die tiefen grossen Gefässe verengt werden, die Hautgefässe kontrahieren sich schon bei einer höheren Temperatur, und so kann man die Differenz auf beiden Seiten auch durch eine direkte Beeinflussung der Hautgefässe auf der betroffenen erklären.

Winternitz gibt an, dass sich das Hauptgefäss auf den lokalen Kältereiz an der dem Kältereize ausgesetzten Stelle sehr energisch kontrahiert. »Das von der kontrahierten Stelle peripherisch gelegene Gefässgebiet wird sich nun dem verminderten Blutzuflusse, dem verminderten Inhalte akkommodieren, sich daher gleichfalls kontrahieren, einen erhöhten Tonus zeigen«. Wenn der Vorgang der von Winternitz geschilderte wäre, würde der periphere Teil des Gefässes nicht in erhöhten Tonus versetzt, im Gegenteil der Druck nimmt ab und damit die Spannung der Gefässwand. Allerdings zeigt die sphygmographische Kurve der Radialis bei Druck auf die Kubitalis bei einem Sinken der Basis ein Kleinerwerden der Kurve und Emporrücken der Elevationen am absteigenden Schenkel nach dem Kurvengipfel zu. Die Veränderung der Pulsform täuscht aber nur eine erhöhte Spannung vor. Es hat sich das Verhältnis zwischen Innendruck und Aussendruck an der Stelle, wo der Sphygmograph aufliegt, verändert. Im Gefäss hat der Druck abgenommen, die Federspannung ist relativ grösser geworden, und so verändert sich das Pulsbild in einer Weise, wie es sonst durch erhöhte Federspannung geschieht. Bei Druck auf die Kubitalis, durch den die Radialkurve nicht ganz auf die Hälfte erniedrigt wurde, betrug das Verspätungsintervall zwischen Karotis und Radialis 0,15/0,15 Sekunden, nach Aufhören des Druckes 0,096/0,093 Sekunden. Theoretisch wäre gar keine Beeinflussung (siehe später) möglich gewesen; denn es hätte entsprechend der Abnahme des Drucks peripher von der Kompressionsstelle zentralwärts eine entsprechende Steigerung stattfinden können. Die Spannungsabnahme überwiegt also bedeutend. Wenn trotzdem das Gefäss peripher von der Stelle der Kälteapplikation erhöhte Spannung darbietet, so muss der Vorgang anders erklärt werden. Die Ursache ist der Reflex von der Haut aus allein oder in Verbindung mit einer direkten Erregung der zum peripheren Gefäss führenden Vasomotoren. Winternitz gibt an anderer Stelle an, dass solche Veränderungen der Pulsform aber auch durch thermische Reizung peripherischer sensibler Hautnerven hervorgebracht werden können, worunter er allerdings nicht Erregung der in der Haut gelegenen Endorgane, sondern des Nerven selbst zu verstehen scheint; denn in dem angeführten Versuche findet Eisstreichung längs des Sulcus ulnaris statt. Eine Vergleichung der Wirkung auf beide Seiten fand nicht statt. Ausserdem gibt Winternitz bei Besprechung der Fern-

wirkungen einen Reflex von der Haut aus an, zieht ihn aber zur Erklärung der hier erwähnten Versuche nicht heran.

Meine Versuche sind in drei Gruppen einzuteilen. Die erste betrifft Kälteanwendung, bei der weder grosse Nerven noch das grosse zuführende Gefäss betroffen werden. Hierher gehören Versuche III, VIII und IX. Charakteristisch ist Versuch VIII. Auf der betroffenen Seite (Eisapplikation auf die Rückseite des unteren Oberarmes mehr nach aussen, wobei der Ulnaris nicht betroffen wurde) 0,4 3/4, auf der nicht betroffenen 0,6 ° Abfall. Beiderseits erfolgte gleichzeitig der Wiederanstieg. Nach gleicher Zeit ist beiderseits die Ausgangstemperatur erreicht. Gleicher Abfall, gleichzeitiger Anstieg und gleichzeitiges Erreichen der Ausgangstemperatur kennzeichnete diese Gruppe, wobei geringe Abweichungen vorkamen, bei denen eigentümlicherweise sich die stärkere Wirkung an der nicht betroffenen Seite bemerkbar machte. Zur zweiten Gruppe gehört der erste Teil von Versuch VI. Hier ist der Ulnaris stark betroffen. Während des Versuches bestanden heftige Schmerzen im Ulnarisgebiet; leichte Berührung des Ulnaris nach dem Versuche rief Parästhesien hervor. Die tiefste Senkung war auf der betroffenen Seite 0,5, auf der nicht betroffenen 0,4 1/2 °. Beiderseits gleichzeitiger Anstieg. 17 Minuten nach Beginn des Versuches hatte an der betroffenen Seite 0,3, an der anderen 0,4 1/2 ° Anstieg stattgefunden, so dass, als die Ausgangstemperatur an der nicht betroffenen Seite wieder erreicht, die betroffene noch mit 0,2 ° zurück war. Die dritte Gruppe wird vom zweiten Teile des Versuches VI und Versuch VII gebildet. Grosse Nerven und zuführendes Gefäss sind von der Kälte betroffen. Beiderseits ist nach 5 Minuten in Versuch VI der grösste Abfall erreicht, an der betroffenen Seite 0,3 1/2, an der anderen 0,3 °. Während an der nicht betroffenen Seite nach 2 Minuten 0,1 3/4 ° Anstieg erfolgt ist, bleibt die Temperatur der betroffenen 6 Minuten lang gleich. Als die Temperatur 19 Minuten nach Beginn des Versuches beiderseits konstant wird, ist die betroffene Seite mit 0,3 ° zurück.

In Versuch VII sinkt die Temperatur der nicht betroffenen Seite 12 Minuten lang und zwar 0,5 1/2, auf der betroffenen aber 15 Minuten und 0,9 3/4 °. Die betroffene beginnt 3 Minuten später als die andere zu steigen, und bleibt, als die Temperatur beiderseits konstant geworden ist, mit 0,4 ° zurück.

Es bestehen also Unterschiede zwischen den Gruppen. Der von der Haut ausgelöste Reflex macht sich auf beiden Seiten in gleicher Intensität geltend. Bei direkter Durchkältung des Nervus ulnaris ist das Plus der Gefässbeeinflussung im Verhältnis zur Stärke des Betroffenseins des Nerven (aus der Empfindung zu schliessen) ein sehr geringes. Bei der dritten Gruppe fielen die schmerzhaften Empfindungen im Ausbreitungsgebiet des betroffenen Nerven weg, und trotzdem war die Beeinflussung eine grössere und besonders eine nachhaltigere. Es ist schwierig zu entscheiden, ob diese grössere Wirkung auf die Temperatur der Hand von einer Abkühlung des zufliessenden Blutes durch das erkaltete Gewebe oder von einer besonderen lokalen Beeinflussung des Gefässes abhängt. Ausser dem Reflex von der Haut aus bestehen also noch an den Ort der Applikation gebundene Veränderungen, die sich zum Reflex addieren. Gewiss wird auch der Reflex von der Haut aus sich von verschiedenen Hautgebieten verschieden stark geltend machen — wie z. B. auch die Kälteempfindung —; dass der Reflex, wie Buxbaum[28]) (S. 12. 1. Auflage) annimmt, nur von gewissen Stellen der Haut (Reflexpunkten) auslösbar ist, scheint nach den angeführten Versuchen nicht wahrscheinlich; wir müssen als Reflexpunkte vielmehr die Stellen der Haut bezeichnen, von denen aus der Reflex besonders stark auftritt.

In Versuch IV reagierten bei meinem Bademeister, als der Fuss in kaltes Wasser getaucht wurde, die Gefässe der Hand nicht, dagegen traten Blässe des Gesichtes und Übelkeit auf. Ich habe Blässe des Gesichtes und starken Brechreiz nur noch einmal bei einem unserer Unterassistenten bei Eintauchen von Hand und Unterarm in Eiswasser beobachtet. In diesem Falle bestimmte ich den Blutdruck.

Versuch XX. Versuchsperson Z. Druck rechts mit 10 cm breitem Schlauche[30]) am Oberarm gemessen. Linke Hand und Unterarm in Eiswasser. Temperatur in den unteren Schichten 4, in den oberen $2^1/_2{}^0$. Oben schwimmen Eisstücke.

Vorher 95—100/97					4 Min.	15 Sek.	88
		Eintauchen.			4 »	45 »	85
— Min.	15 Sek.	105			6 »	— »	80
— »	45 »	110			6 »	30 »	85 Hand noch sehr rot.
1 »	— »	107			7 »	— »	85 Puls rechts klein.
1 »	40 »	Arm rötet sich.			7 »	45 »	82
2 »	— »	Puls klein.			8 »	— »	87
		Aus dem Wasser. Brechreiz.			8 »	30 »	90
3 »	— »	87 Sehr bleich im Gesicht.			9 »	— »	95
3 »	10 »	Arm wieder warm. Sehr gute Reaktion.			9 »	15 »	95 Puls links noch kleiner als rechts.
3 »	30 »	92					

Gesicht noch längere Zeit bleich. Die Versuchsperson gibt an, dass sie während des ganzen Versuchs gegen starken Brechreiz kämpfen musste. Es bestand sehr starker Kälteschmerz.

Hier also nach anfänglicher Steigerung um 10 mm Hg schon während des Eintauchens des Armes (bei 2 Min. Dauer), 17 mm Abfall, 7 unter dem Ausgangsdruck. Nach 6 Minuten grösste Senkung um 27 mm, 17 unter dem Anfangsdruck; dann allmählicher Anstieg zu demselben.

Aber auch das Gegenteil, starke Kongestion zum Kopfe, habe ich beobachtet. In einem Falle habe ich den Zeitpunkt des Auftretens während des Versuches notiert (Versuch XVII). Die spätere Ausmessung des Verspätungsintervalls zwischen Karotis und Radialis, das während des Eintauchens von Hand und Unterarm der anderen Seite sich verkleinert hatte, ergab gleich nach Auftreten der Kongestion eine beträchtliche Zunahme. Das Hauptgefäss der anderen Seite wurde zur Norm entspannt. Die Kongestion trat während der Applikation ca. $3^1/_2$ Minuten nach Eintauchen auf. In anderen Versuchen habe ich sie auch erst bei längeren (über 2 Minuten dauernden) Anwendungen gefunden. In einem Versuche (Säcke mit Eisstücken gefüllt um das Ellenbogengelenk derselben Seite) sank das Intervall von 0,042 — 0,049 auf 0,036—0,032. Aber während die Applikation noch bestand, trat von 7 Minuten an wieder geringere Spannung (0,04, bis 12 Min. 15 Sek. wieder 0,044) auf, während welcher Zeit Kongestion im Kopfe auftrat. Nach Wegnahme der Säcke ging das Intervall (gute Reaktion) auf 0,5 und nach weiteren $1^1/_2$ Minuten zur Norm zurück (0,044—0,004).

Die Beeinflussung ist also individuell äusserst verschieden und, wie ich gleich hinzusetzen will, auch bei demselben Individuum. An einer Stelle in der Literatur (leider habe ich sie nicht wieder auffinden können) fand ich die Angabe, dass dann, wenn die Gefässe schon vorher kontrahiert sind, keine weitere Kontraktion, sogar eher eine Erschlaffung erfolgt. Bei der häufig benutzten Versuchsperson M., die meist gute Beeinflussung zeigt, fand ich in einem Versuche bei Eintauchen des Ellenbogens in Eiswasser auf der anderen Seite bei einem Ausgangsintervall von

0,047—0,05 25 Sekunden nach Beginn des Versuches geringere Spannung. Das Intervall war nach 4 Minuten 0,057 und hielt sich nach Herausnahme auf derselben Höhe. Erneutes Eintauchen (diesmal inkl. der Hand) zeigte nach 40 Sekunden Zahlen bis 0,061, die im weiteren Verlauf auf 0,066 stiegen und dann zwischen 0,057 und 0,064 schwankten. Nach 11 Minuten nach dem zweiten Eintauchen (der Arm war 5 Minuten im Wasser) 0,06 Intervall. Am Schluss des Versuches bestand starkes Hitzegefühl im Kopf. Das Gesicht war gerötet. Nach Angabe der Versuchsperson soll die Kongestion beim zweiten Eintauchen aufgetreten sein.

Bei anderen Versuchen mit demselben Anfangsintervall habe ich allerdings Beeinflussung (Erhöhung der Spannung) gesehen. Es ist aber sehr auffallend, dass Kongestionen zum Kopf und damit eintretende Spannungsminderung (nach vorausgegangener Mehrung oder Unbeeinflussung) dann eintraten, wenn bei der Versuchsperson M. vorher die Gefässspannung eine höhere (Zahlen unter 0,05) als sonst war. Vielleicht gehört hierher auch das Verhalten der Gefässe im Versuch XIV. Während beim ersten Eintauchen Beeinflussung stattfand, erzeugte der beim zweiten Eintauchen stattfindende geringere Reiz von der Haut aus auf das schon vorher verhältnismässig hoch gespannte Gefäss der anderen Seite keine Erhöhung der Spannung.

Im allgemeinen hatte lokale Kälteanwendung sowohl auf der betroffenen, wie nicht betroffenen Seite eine erhöhte Spannung zur Folge. Ob auf der betroffenen Seite die Wirkung eine intensivere war, konnte ich nicht untersuchen, da mir nur ein Apparat zur Verfügung stand. Die Wirkung war auf jeden Fall auf der betroffenen Seite eine nachhaltigere. Versuch XII—XIV zeigen, dass bei demselben Individuum unter denselben Bedingungen vorgenommenen Applikationen auf der entgegengesetzten Seite die Norm nach 2 resp. 3 Minuten, auf der betroffenen nach 14—19 Minuten hergestellt war. Versuch XVIII und XIX, bei denen die Temperatur allmählich abgekühlt wurde, zeigen, dass erst bei 18° auf beiden Seiten eine Verkleinerung des Verspätungsintervalls eintritt (vergl. Amitin). Ob die anfangs auftretende Vergrösserung desselben im Versuch XX mit der Kälteeinwirkung auf das Gesäss zusammenhängt, kann nur vermutet werden.

Dass die Spannungserhöhung an der betroffenen wie nicht betroffenen Seite mit einer Verengerung der Gefässe einhergeht, ist aus den plethysmographischen und thermometrischen Befunden zu schliessen. Und doch ist noch ein Einwand möglich. Bei den plethysmographischen Untersuchungen liegt die Hand mit im Zylinder, bei den thermometrischen kommt sie allein in Betracht. Die beiden Untersuchungsarten geben uns hauptsächlich Verengerung in den Gefässen der Hand an, von denen die grösseren (Arteriolen der Franzosen) mit starken Muskelringen versehen sind, in denen sich der Nerveneinfluss besonders geltend macht. Es ist ja zu erwarten, dass die reflektorische Beeinflussung die ganze Hauptarterie mit ihren Endverzweigungen betrifft. Da aber die Verengerung der Handgefässe beträchtlicher als die der Armaterie ist, so ist die erhöhte Spannung derselben 1. auf die Verengerung derselben selbst, 2. auf die durch Kontraktion mehrerer Gefässgebiete erzeugte Blutdrucksteigerung und 3. auf eine eventuelle Rückstauung aus den Arteriolen auf das zentrale Ende der Armaterie, die sich in diesem besonders geltend macht, zu setzen. Es ist also die Frage zu erörtern, ob die Armaterie mit erhöhtem Tonus verengt oder erweitert wird. Betrachten wir zunächst die ganz ähnlichen Verhältnisse, die in der von der Kälte betroffenen Armarterie zentralwärts von der Applikationsstelle entstehen. Winternitz sagt: »Die Arterie muss weiter werden und sich härter anfühlen«. Er schliesst dies aus dem Steigen der Achselhöhlentemperatur.

Da wir aber wissen, dass Hauptarterie und Muskelgefässe in ihrer Weite nicht parallel zu verlaufen brauchen, sich sogar antagonistisch verhalten können, so sagt dieser Versuch nichts über das Verhalten der Hauptarterie zentral von der Applikationsstelle aus. In einem Versuche Brown-Séquards stieg auch auf der anderen, nicht von der Kälte betroffenen Seite die Achselhöhlentemperatur bei Abfall der der Hand (was allerdings dadurch erklärbar wäre, dass sich reflektorisch die Gefässe der Hand stärker als die Armarterie kontrahieren und im oberen Teile diese mechanisch erweitert und damit stärker Blutzufluss zu den Muskeln um die Achselhöhle stattfinden würde, vorausgesetzt, dass wir ein antagonistisches Verhalten der Muskelgefässe nicht annehmen). Runges[31]) Beobachtungen sprechen für eine Verengerung. »Durch ein eiskaltes Fussbad kann man die Blutung am oberen Schenkelende vermindern. Eiskalte Handbäder vermindern deutlich fühlbar den Umfang der Arteria subclavia«. Versuch XI zeigt sowohl für die Strecke zwischen Kubitalis und Radialis, auf die die Kälte wirkte, als auch für die zwischen Karotis und Kubitalis Spannungserhöhung (bei Wärme Entspannung). Die Beeinflussung war an der erstgenannten Strecke bedeutend grösser als auf der zu zweit genannten. Beim letzten Wechsel von Wärme auf Kälte veränderte sich das Intervall an der zweiten wie 1 : 0,87, an der ersten wie 1 : 0,68. Die Intensität der Veränderung war bei der ersten demnach ungefähr $^1/_4$ grösser als bei der zweiten, wobei beide gleich lang angenommen sind (ungefähr der Wirklichkeit entsprechend). In einem anderen Versuche, den ich nicht für ganz einwandsfrei halte, da während des Versuches Muskeln kontrahiert wurden, waren die Verhältnisse folgende:

Versuch XXI. Versuchsperson T. Ein grosses Stück Eis wird in die Hohlhand genommen.

Versp. zwischen Karotis und Radialis.

Vorher (mehrere Kurven)	0,085/0,084/0,088/0,088/ 0,088. 0,083/0,08/0,08.	5 Min. 25 Sek.	0,072.
		6 » 05 »	0,083/0,08/0,083/0,085.
		7 » 25 »	0,07/0,075/0,071/0,075/0,071.
Applikation.		7 » 26 »	Eis weg.
1 Min. 20 Sek.	0,088/0,084/0,08/0,084.	8 » 05 »	0,08/0,095/0,092/0,092/0,092.
3 » 45 »	0,075/0,071.	8 » 50 »	0,094/0,092.

Die Kurven nach Wegnahme des Eises sind auffallend höher.

Diese Versuche entscheiden jedoch die Frage nicht. Ich liess bei länger dauernder Kälteapplikation auf den Unterarm (Eiswasserumschläge, die erneuert wurden) den Kubitalpuls schreiben. Da die kleinste Bewegung Einfluss auf die Kurve hat, so muss man mit der Deutung vorsichtig sein. Anfangs traten Schwankungen der Basis auf, die auch schon vor der Applikation bestanden. Nach längerer Zeit wurden Kurvenhöhe und die Basis niedriger. In einem anderen Versuche umhüllte ich den Unterarm und die Hand manschettenartig mit Winternitzschen Schläuchen, liess abwechselnd warmes und Eiswasser durch diese strömen und fand keine Veränderung, weder der Basis noch der Höhe der Kurve. Dieser Versuch ist deswegen einwandsfrei, weil bei der langen Dauer desselben die Versuchsperson eingeschlafen war. Hier muss ein Ausgleich durch beide Arten der Gefässveränderung oder keine Beeinflussung stattgefunden haben. Durch Palpation der Axillaris, wie der Kubitalis, bei Eintauchen des Unterarmes in Eiswasser habe ich mich mehrere Male davon überzeugen können, dass nach anfänglichen Schwankungen das Gefäss dünner, die Pulsationen kleiner werden. Dies spräche für die Runge'sche Anschauung, ebenso die Befunde des Druckes. Ich habe mehrere Male beide Oberarme mit einem

Schlauche versehen und diese durch ein Dreiwegrohr mit einem Kompressionsystem verbunden. Bei Eintauchen des Unterarmes steigt wohl der Druck in der Oberarmarterie, aber nur ebenso viel als in der der anderen Seite. Eine besondere Drucksteigerung in dem Gefäss zentralwärts von der Stelle der Applikation besteht also nicht. Dass sich der durch Verengerung eines Teiles einer Arterie in dem zentral von der Verengerung gelegenen Teile derselben erhöhte Druck schnell auf den allgemeinen Druck verteilt, zeigen folgende Versuche.

Versuch XXII. Versuchsperson T.

Verspätung zwischeu Karotis und Radialis 0,071/0,072/0,071.
Vollständige Kompression der Radialis 0,066/0,072/0,072/0,071/0,072.

Versuch XXIII.

Vorher 0,072/0,072/0,075.
Kompression der Radialis 0,066/0,07/0,077.
Kompression weg 0,066/0,062.

Eine Beschleunigung macht sich also nur bei einem Pulse geltend. Die nach Aufhebung der Kompression eintretende Beschleunigung weiss ich nicht zu erklären. Dass die auf der anderen Seite auftretende Erhöhung der Spannung der Armarterie mit einer Verengerung derselben einhergeht, zeigt die Palpation, was auch an der betroffenen Seite der Fall ist, wenn die Radialis selbst mit von der Kälte betroffen war. Wie kommt die Verengerung der Gefässe auf Kälteapplikation hin zu Stande? In der Literatur sind die Angaben widersprechend, doch unter Berücksichtigung der Dauer der Applikation, auch des angewandten Kältegrades klären sich die verschiedenen Befunde auf. Die Autoren, welche nur einen Reflex von der Haut aus annehmen (François-Frank, Hallion und Compte, Winkler), haben nur kurze Kältereize (sekundenlange) angewandt, ihnen stehen die gegenüber, die auch einen direkten Einfluss auf das Gefäss angeben (Goltz und Ewald, Mosso, Pick) und die Kälte länger anwandten. Auch meine thermometrischen Versuche, wie die Bestimmung des Verspätungsintervalles zwischen den Pulsen zweier Arterien ergaben bei minutenlangen Kälteanwendungen ausser der reflektorischen Beeinflussung der Gefässe noch eine direkte. Die exakten Versuche Winklers stehen zwar im Gegensatz dazu, doch gibt er selbst an, dass eine direkte Einwirkung der Kälte auf das Gefäss nicht stattfand, wenn diese sich innerhalb der beim normalen Tiere vorkommenden Grenzen bewegte. Wir können demnach annehmen, dass bei kurz dauernden Applikationen die reflektorische Beeinflussung von der Haut aus im Vordergrunde steht, bei länger dauernden und zugleich intensiveren die direkte einen beträchtlichen Anteil oder gar, wie dies aus Picks Versuchen hervorgeht, den Hauptanteil hat. Die direkte, lokal stattfindende Beeinflussung des Gefässes muss ihren Angriffspunkt in der Muskulatur oder in den in den Gefässen liegenden Zentren haben. Eine abweichende Anschauung finde ich bei Strasser[27]) als Vertreter der Winternitz'schen Schule, der bei lokaler Einwirkung von Kälte »als unmittelbare Folge dieser Reizwirkung eine an der Applikationsstelle stattfindende Kontraktion der Gefässe als Effekt des Kältereizes auf die Vasokonstriktoren« annimmt (siehe auch Runge).

Ebenso widersprechend, wie die Meinungen über die Verengerung durch Kälte sind, sind sie es über die der Verengerung folgenden Erweiterung. Ich führe zwei Erklärungen dieses Vorganges an. Runge sagt: »Die Abkühlung einer Hautpartie

(bei den Schleimhäuten verhält es sich übrigens ebenso) führt bekanntlich zuerst zur Kontraktion der Gefässwandungen, teils durch direkte Reizung der Gefässnerven, teils auf dem Wege des Reflexes, dann folgt nach kürzerer oder längerer Frist die Erschlaffung der Gefässe, die sogenannte Reaktion, bei welcher die Blutgefässe sich vom Zentrum her wieder füllen. Die Verengerung ist in gewissen Grenzen der Intensität der einwirkenden Kälte proportional, sowohl was die Intensität, als was die Extensität des Prozesses, d. h. das Fortschreiten der Verengerung von der Peripherie zum Zentrum, von den kleinen Gefässstämmen auf die grösseren betrifft. Die Dauer der Verengerung ist um so kürzer, die Reaktion ist um so leichter, je intensiver und rascher die Kälte einwirkte; die Reaktion wird am längsten zurückgehalten, wenn die Kälte langsam und unmerklich sich steigerte. Geht die reaktive Anfüllung der Gefässe in regelmässiger Weise vom Zentrum nach der Peripherie vor sich, so dass grosse und kleine Arterien zusammen erschlaffen, so füllt sich die Haut mit rotem Blute, und wenn auch die Teile selbst noch ziemlich kalt sind, wird in den Nerven das Gefühl der Wärme erzeugt. Sind dagegen nur die feinsten kontraktilen Gefässe erschlafft, die grösseren noch verengt, so tritt bläuliche Färbung der erkalteten Teile ein und Stockung des Blutes, welche in höherem Grade zu der bekannten Erscheinung des Erfrierens führt.«

Die Erklärung der Winternitz'schen Schule (letzte Veröffentlichung Buxbaum, 2. Aufl.) lautet:

»Wird an einer Stelle der Körperoberfläche Kälte appliziert und zwar in einer Temperatur, welche wesentlich niedriger ist als die Hauttemperatur, so ist die unmittelbare Folge dieser Reizwirkung eine an der Applikationsstelle stattfindende Kontraktion der Gefässe als Effekt des Kältereizes auf die Vasokonstriktoren, die Kontraktion kann so mächtig werden, dass ein völliges Verschwinden des Gefässlumens eintreten kann . . . Es ist natürlich, dass mit den Vasokonstriktoren auch gleichzeitig und auch ziemlich gleich die Dilatatoren erregt werden, da sie sich ja an Ort und Stelle gemeinsam vorfinden. Die Kontraktion der Gefässe ist nur ein Zeichen des Überwiegens der Konstriktoren. Dieses Verhalten der Gefässe zeigt sich jedoch nur bei Anwendung kurzer thermischer Reize; wird der Kältereiz exzessiv gesteigert und dauert er lange an, so wird die Kontraktion der Gefässe einer Überreizwirkung Platz machen, es wird eine lähmungsartige Erweiterung der Gefässe eintreten . . . . Wird der Kältereiz gleichmässig längere Zeit angewendet, also nicht, wie früher erwähnt, exzessiv gesteigert, so kommt es lokal zu einer Reaktionsbewegung, die darin besteht, dass nach der primären Kontraktion der Gefässe und konsekutiven Anämie eine Dilatation der Gefässe mit den Erscheinungen einer Fluxion, einer Hyperämie auftritt. Diese Erweiterung der Gefässe unterscheidet sich wesentlich von der Erweiterung der Gefässe, die nach Anwendung exzessiver Kälte und hoher Temperaturen eintritt. In diesen letzteren Fällen ist die Erweiterung der Gefässe eine passive, die Gefässe haben ihren Tonus, ihre Elastizität verloren, die Hyperämie ist eine Stauungshyperämie, während in dem ersteren Falle die Gefässe den ihnen durch den Kältereiz gegebenen Tonus behalten haben, also aktiv erweitert sind.«

Runge führt also den Unterschied zwischen der »Reaktion«, der hochroten Verfärbung der Haut und der zyanotischen auf ein verschiedenes Verhalten der tiefen Gefässe zurück, während die Winternitz'sche Schule die Veränderungen von Vorgängen in den Hautgefässen selbst abhängig sein lässt; im ersteren Falle besteht nach der Winternitz'schen Schule eine aktive Erweiterung der Hautgefässe unter Erhaltung

des Tonus, im letzteren eine passive unter Nachlass der Konstriktorenwirkung mit Verlust des Tonus.

Ich halte es für nötig, den Begriff »Reaktion«, wie er von den praktischen Hydrotherapeuten gebraucht wird, zu präzisieren. Wir verstehen darunter nicht die Erweiterung der Hautgefässe oder Gefässe im allgemeinen, sondern die hocharterielle Rötung der Haut, die meist ziemlich plötzlich auftritt, die mit einem »wohligen« Wärmegefühl verbunden ist (bei mir tritt dies etwas vorher auf). Daher ist die mit zyanotischer Verfärbung einhergehende Erweiterung der Hautgefässe und die ihr vorhergende arterielle Röte während der Kälteapplikation nicht als Reaktion, wie sie von den praktischen Hydrotherapeuten aufgefasst wird, zu bezeichnen. Wir verstehen vielmehr unter Reaktion einen Vorgang, der, wenn Muskelbewegungen und Frottieren der Haut nicht ausgeführt werden, also eine reine Kälteapplikation vorliegt, nicht während, sondern nach der Kälteanwendung auftritt und zwar um so besser, je wärmer die Umgebung ist, in die der der Kälteapplikation ausgesetzte Körperteil nach derselben kommt. Es fragt sich deshalb, ob die Reaktion als reine Kältewirkung oder als Wegfall der Kältewirkung und Nachlassen der durch die Kälte bewirkten Erscheinungen zu deuten ist und ob ein Teil der Reaktion nicht auf Wärmewirkung zu setzen ist, diese also unterstützend wirkt. Da wir ferner wissen, dass eine beträchtliche Verengerung der tiefen Gefässe nur bei länger dauernden stärkeren Kältereizen auftritt, dass die Reaktion um so besser ausfällt, je kürzer die intensive (die schnelle Erweiterung der Hautgefässe herbeiführende) Kälte wirkt, so müssen wir schliessen, dass geringe Beteiligung der tiefen Gefässe bei kurz dauernder Kälteapplikation und Minderung der Tiefenwirkung nach Wegfall der nicht allzu lange dauernden mit einer guten Reaktion verbunden sind. Lange dauernde Kälteanwendung mit nachhaltiger Tiefenwirkung und starker, anhaltender Verengerung der tief liegenden grossen Gefässe ist mit keiner oder nur unvollkommener Reaktion verknüpft. Ob nun bei der Reaktion die Erweiterung der Hautgefässe durch Ermüdung oder gar Lähmung der Muskulatur oder durch Nachlass der Innervation der Konstriktoren (sei es durch Ermüdung oder Lähmung oder einfachen Nachlass durch Wegfall des Reizes) mit restierender Vasodilatatorenwirkung einhergeht, ist für den Spannungszustand des Gefässes gleich; in jedem Fall ist das Endresultat ein Nachlass der Muskelwirkung, ein Nachlass des Tonus, soweit der Vorgang von den Hautgefässen selbst ausgeht. Allerdings wird sich die Spannung in diesen erweiterten Hautgefässen verschieden gestalten, je nachdem die zuführenden tiefer liegenden grossen Gefässe erweitert oder nicht erweitert sind, so dass bei Erweiterung der Hautgefässe mit Erweiterung der tiefen Gefässe, wie sie für die Reaktion aus dieser Betrachtung hervorgeht, eine Tonuserhöhung in den peripher gelegenen Hautgefässen stattfinden würde. Wenn auch die Erweiterung der Hauptgefässe mit einer relativen Senkung des allgemeinen Blutdrucks einhergeht (er ist noch wenig höher als der Ausgangsdruck oder ihm gleich), wird sich der höhere Druck aus den erweiterten grossen Gefässen in die erweiterten Hautarterien fortpflanzen. Er wird die durch Erschlaffung der Hautgefässe entstandene Spannungsabnahme kompensieren oder gar das Gefäss in erhöhte Spannung versetzen, was auch nach den Kapillardruckmessungen von Döhring der Fall ist. Runge scheint die arterielle Rötung während der Kälteanwendung, die als Stadium zwischen Anämie und zyanotischer Verfärbung auftritt, auch als Reaktion aufzufassen, obschon das wohlige Wärmegefühl, wenn die Blutströmung fördernde Prozeduren, wie Massage und Bewegungen nicht angewandt werden, fehlt, der Zustand also nicht der Reaktion entspricht. Die tiefen Gefässe

verändern sich zeitlich qualitativ entgegengesetzt, wodurch schliesslich für die Haut auf der einen Seite Zyanose, die mit weiterer Verengerung der tiefen Gefässe zunimmt, auf der anderen weiter zunehmende, schliesslich hocharterielle Röte resultiert.

Der oben erwähnten, Buxbaum entnommenen Ansicht, dass die Reaktion dann, wenn der Kältereiz gleichmässig längere Zeit angewendet, die zyanotische Verfärbung dagegen dann, wenn der Kältereiz exzessiv gesteigert wird, eintritt, kann ich mich nicht anschliessen. Wenn ich meinen Arm 2 Minuten in Eiswasser halte, tritt bei Herausnahme sehr gute Reaktion auf, obwohl der Kältereiz bei der primären Verengerung und der darauffolgenden leichten Rötung, die nach der Herausnahme intensiv wird, ganz derselbe geblieben, nicht exzessiv, überhaupt nicht gesteigert worden ist, und umgekehrt, wenn ich den Arm 15 Minuten lang in 10°igem Wasser gehabt habe, den Reiz also »gleichmässig längere Zeit« anwandte, kommt der Arm blau aus dem Wasser.

Um die Verhältnisse bei der Reaktion zu untersuchen, wählte ich die Kälteanwendung so, dass sich die Reaktion ziemlich plötzlich einstellte; denn nur so lässt sich beweisen, dass die gefundenen Vorgänge mit der Reaktion im Zusammenhange stehen. In den Versuchen XII und XIII war der Arm bei der Herausnahme nach 2 Minuten langer Eiswasserapplikation zart rot; ziemlich plötzlich erfolgte 2 — 2½ Minuten hinterher eine sehr gute Reaktion. Dabei zeigte sich, dass mit der Reaktion die vorher bestehende reflektorisch erzeugte Spannungszunahme der nicht betroffenen Seite zur Norm zurückkehrte, an der betroffenen Seite dagegen noch eine Spannungserhöhung weiter bestand. Es ist mir bei der Bestimmung des Intervalls an der betroffenen Seite nicht gelungen, den Sphygmographen so schnell anzuschnallen, dass ich eine Kurve vor der Reaktion hätte aufnehmen können. Da wir wissen, dass der Reflex beide Seiten betrifft, so muss die durch den Reflex bedingte Spannungserhöhung auch auf der betroffenen Seite wegfallen, so dass nur noch die durch direkte Beeinflussung des Gefässes (+ die geringe der von den grossen Nerven aus erzeugten) übrig bleibt. Dass die Gefässentspannung, die also beiderseits erfolgt, durch eine Erweiterung des Gefässes beiderseits stattfindet, zeigt unzweideutig die Pulpation des Radialpulses. Er wird beiderseits grösser, bleibt aber auf der betroffenen Seite noch kleiner. Auch Winternitz gibt S. 102 seines Lehrbuches an: »Die arterielle Spannung zeigt je nach dem Kälte- oder Wärmegefühl Veränderungen; so lange die Sensation der Kälte andauert, ist sie hoch, vor dem Eintritte der Erwärmung sinkt sie etwas.« Doch scheint Winternitz geneigt zu sein, diese Entspannung auf ein Sinken des Blutdrucks vom Herzen aus durch Abnahme der Frequenz zurückzuführen. In meinen Versuchen sinkt die Frequenz mit der Abnahme der Spannung, wie sie mit dem Zuwachs derselben in einzelnen Versuchen Beschleunigung zeigt. In Versuch XIII, XVIII und IXX tritt jedoch die Frequenzzunahme schon während der Kälteanwendung und der erhöhten Spannung, und zwar bei Versuch XIII gerade bei der Kurve, welche die höchste Spannung zeigt, ein. Deswegen möchte ich auf die Frequenz, da wir das Schlagvolumen des Herzens nicht kennen, nicht zu grossen Wert legen, zumal trotz der Zunahme der Frequenz bei erhöhter Spannung der Puls kleiner, trotz der Abnahme derselben nach Wegfall der Kältewirkung bei erniedrigter Spannung grösser wird, woraus hervorgeht, dass die Beeinflussung der Spannung durch die Frequenz in den Hintergrund trittt.

Bei Versuch XVI, wo nach 6 Minuten langer Eiswasseranwendung ein Abgrenzen der Reaktion von der schon vorher bestehenden starken Röte nicht gelang, ging auf der anderen Seite die Gefässspannung zur Norm zurück, als kurz vorher ein Grösser-

werden des Radialpulses der eingetauchten Seite verzeichnet war. In Versuch XV konnte ich trotz längerer Dauer der Applikation (8 1/4 Minuten) bei derselben Person die Reaktion abgrenzen, d. h. das Umschlagen von Dunkelrot zu Feuerrot feststellen. Es trat Entspannung auf der anderen Seite auf, aber nicht vollständige; auch 5 1/4 Minuten nach Herausnahme aus dem Wasser war die Spannung dieselbe, ob hier die von Winkler angegebene reflektorische Erregung der Gefässnerven von der Haut aus durch Abkühlen des Blutes die noch weiter bestehende Spannung der anderen Seite bewirkt, wage ich nicht zu entscheiden. Diese Versuche betätigen die Runge'sche Anschauung, dass eine gute Reaktion von einer Erweiterung der tiefen Gefässe abhängt.

Folgende Versuche zeigen die Beeinflussung des Blutdrucks. In einigen wurde der Druck beiderseits gemessen und gleich gefunden.

Versuch XXIV. Versuchsperson M. Hand und Unterarm 2 Minuten in Eiswasser.

Vorher 125.	4 Min. — Sek. 122.
— Min. 20 Sek. 120.	4 » 45 » 120.
1 » — » 130.	5 » 10 » 130.
1 » 45 » 138.	5 » 45 » 125.
2 » — » Arm aus dem Wasser.	7 » 20 » 115 Röte blasst ab.
2 » 45 » 130.	8 » 30 » 127.
3 » 15 » 125 gleich hinterher Reaktion.	9 » — » 125.

Versuch XXV. Versuchsperson M. Hand und Unterarm 1 Minute in Eiswasser.

Vorher 125.	3 Min. — Sek. 125.
Eintauchen 1 Minute lang. Rot heraus.	4 » — » 115.
Gleich hinterher 135.	5 » — » 125 blasst ab.
2 Minten Reaktion.	6—10 Min. 30 Sek. 120—122.
Gleich hinterher 132. Puls grösser als vorher.	

Versuch XXVI. Versuchsperson B. Hand und Unterarm 2 Minuten in Eiswasser.

Vorher 113.	2 Min. — Sek. 120.	4 Min. 20 Sek. 114. Venen
— Min. 40 Sek. 118	Aus dem Wasser. Rot heraus.	werden weit.
— » 40 » 115.	2 Min. 50 Sek. 115.	5 Min. 15 Sek. 118 blasst ab.
1 » — » 120.	Reaktion.	5 » 50 » 110.
1 » 20 » 120.	3 Min. 20 Sek. 113.	6 » 25 » bis 10 Min. 15 Sek.
1 » 40 » 127.	3 » 50 » 115.	108—110.

Versuch XXVII. Versuchsperson M. Hand und Unterarm in Eiswasser 10 Minuten lang.

Vorher 125.	5 Min. 45 Sek. 145.	10 Min. 30 Sek. starke Reaktion.
— Min. 30 Sek. 130.	6 » 40 » 147.	Puls viel grösser.
1 » 10 » 135.	7 » 5 » 140.	11 Min. — Sek. 130.
1 » 40 » 140.	7 » 40 » 143.	11 » 45 » 130.
2 » 30 » 140.	8 » 30 » 140.	12 » 45 » 130.
3 » 15 » 140.	9 » 10 » 138.	14 » 30 » 130.
4 » — » 140.	9 » 30 » 140.	15 » — » 130. Blasst ab.
4 » 45 » 140 Hand blau.	10 » — » Aus dem Wasser.	16 » 30 » 130.
Arm rot.	Arm rot, Hand blau.	Bis 25 Min. 130.

Versuch XXVIII. Versuchsperson H. Eintauchen von Hand und Unterarm 2 Minuten in Eiswasser.

Vorher 150—158 schwankend.	1 Min. 55 Sek. 160.	3 Min. 25 Sek. 150.
— Min. 15 Sek. 160.	2 » — » Aus dem Wasser.	4 » — » 152.
— » 30 » 160.	2 » 20 » 150.	Bleibt weiter 150—152.
1 » — » 158.	Starke Reaktion.	
1 » 25 » 158 Rötung.	3 Min. — Sek. 145.	

Neu fand bei einem Hand- und Unterarmbade von 12° R nach 5 Minuten einmal eine Senkung von 10 mm, einmal keine Beeinflussung, einmal nach 28 Minuten 25 mm Anstieg; bei einem von 3° nach 31 Minuten 40 mm Anstieg. Der Reaktion geht also eine Abnahme des Druckes voraus, ebenso folgt ihr eine weitere, was in Einklang mit Versuch XIV (Spannungsabnahme) steht, der die Verhältnisse feiner als Versuch XIII bringt.

Worin liegt der Unterschied zwischen Reaktion und zyanotische Verfärbung der Haut? Schon vor der Herausnahme aus dem Wasser war in den Versuchen die Haut rot, und zwar arteriell rot. Während nun nach der Herausnahme mit dem Weiterwerden der tiefen Gefässe die Röte unter Beibehaltung ihres arteriellen Charakters intensiver wird, Druck und Strömung in den Hautgefässen zunehmen, wird die Röte bei weiterem Belassen im kalten Wasser dunkler mit immer grösserer Annäherung an die zyanotische Verfärbung. Aus den plethysmographischen Untersuchungen geht hervor, dass sich die tiefen Gefässe immer mehr kontrahieren (trotz der Erweiterung der Hautgefässe sinkt das Volumen weiter). Es liegt ein stark verengtes zuführendes grosses Gefäss vor, das vor sich das Gebiet erweiterter Hautgefässe hat. Druck und Strömung sind hier auf ein Minimum gesunken. Ich fahre mit Ziegler[32]) fort: »Es vermögen die treibenden Kräfte allmählich nicht mehr die gesamte Masse des Blutes fortzubewegen. Es bleiben namentlich die roten Blutkörperchen liegen und häufen sich in den Kapillaren und Venen an, so dass der betreffende Gefässbezirk sich wieder mit Blut füllt, jedoch nicht mit strömendem, sondern mit stagnierendem Blute.« Der Druck in den Hautgefässen sinkt also. Wie viel Anteil an dem Entstehen der zyanotischen Verfärbung eine eventuell zur Zeit noch bestehende Verengerung der Venen, die Winternitz nach Untersuchungen von Hastings und Schwann annimmt, hat, lässt sich nicht sagen. Wie sehr auch bei der zyanotischen Verfärbung der Haut die Vorgänge vom Zustand der tiefen Gefässe abhängig sind, zeigt Picks Versuch, der während lokaler Kälteanwendung nach 1 Stunde 15 Minuten Dauer wieder Beschleunigung des Blutstromes sah. Die Winternitz'sche Angabe, dass Lähmung der Gefässe bei lange dauernden Kälteanwendungen, die in diesem Falle vorliegt, mit damit verbundenem Tonusverlust und mit diesem wieder Stromverlangsamung einhergeht, trifft also in dieser allgemeinen Fassung nicht zu. Ob Strombeschleunigung oder -verlangsamung in den erweiterten Hautgefässen stattfindet, hängt eben von der Weite des zuführenden Gefässes ab.

Wie kommt die sekundäre Erweiterung der Gefässe zu stande? Für Kälte spezifisch ist sie nicht. Hallion und Compte fanden plethysmographisch bei allen Reizen mit Ausnahme von Wärme im peripher von der gereizten Stelle gelegenen Teile oft in gewissem Grade Erweiterung. François-Frank gibt bei seiner Beobachtung, die auch den peripher von der Applikationsstelle gelegenen, plethysmographisch untersuchten Teil betraf, an, dass, wie immer, dem Gefässkrampfe eine Übererweiterung folgte. Eine Deutung des Vorganges gibt er nicht.

Wo in meinen thermometrischen Versuchen die Beobachtung genügend lange fortgesetzt wurde, trat am Schlusse ein Konstantwerden der Temperatur ein, das, wenn nur ein Reflex von der Haut aus vorlag, ungefähr bei der wiedererlangten Ausgangstemperatur ohne vorherige Übersteigerung geschah. In Versuch VI jedoch fand ein Überanstieg von 0,5° auf der nicht betroffenen Seite (sogar auf der betroffenen [Ellenbeuge] anderen Seite von 0,1¼°) in ca. 8 Minuten statt, und in Versuch VIII beiderseits (wo nur Reflexwirkung vorlag) um 0,4¾, respektive 0,4° in 3 Minuten, der gleich darauf abfiel. In letzterem Versuche kann es sich kaum um ein schnelles

An- und Absteigen der allgemeinen Körpertemperatur handeln. Es liegt hier eine Übererweiterung der Handgefässe nach Wegnahme der Kälteapplikation vor, und da in dem Versuche weder grosse Nerven, noch das zuführende grosse Gefäss betroffen waren, handelt es sich um eine reine, von den Hautgefässen reflektorisch erzeugte, beiderseits auftretende Fernwirkung. Den Befund könnte man folgendermassen erklären: Der Kältereiz von der Haut aus ruft reflektorisch gleichzeitig Erregung der Konstriktoren und Dilatatoren hervor. Die Wirkung der ersteren überwiegt. Nach Wegfall des Kältereizes lässt die Konstriktorenwirkung zuerst nach, die der Dilatatoren überdauert sie, und schliesslich lässt auch diese nach.

Am Orte der Applikation ist die Übererweiterung der Hautgefässe auf den geschilderten Vorgang nur dann zurückzuführen, wenn der Arm schon vor dem Auftreten einer Röte aus dem Wasser genommen wird. Für die während der Applikation auftretende Röte müsste man einen Nachlass der Konstriktorenwirkung durch Überreiz annehmen. Doch darf bei der Wirkung am Orte der Applikation die direkte Beeinflussung der Gefässmuskulatur (resp. der im Gefäss liegenden Zentren) nicht unberücksichtigt bleiben. Goltz und Ewald haben jedenfalls gezeigt, dass nach Wegfall der Kälte an der Stelle der Anwendung Gefässerweiterung auftreten kann, die vollständig unabhängig vom Nerveneinfluss entsteht, die man auf eine Lähmung der Gefässmuskulatur oder nach Bier auf das Blutgefühl des Gewebes zurückführen muss. Es würden hier dieselben Verhältnisse wie nach dem Wegfall einer künstlich erzeugten Blutleere bestehen, bei denen die Übererweiterung der Gefässe nach François-Frank auf eine Tonicitätsschädigung, nach Bier auf das Blutgefühl der Gewebe zurückgeführt wird, die nach Biers[33]) Versuchen ohne jeden Nerveneinfluss auftritt.

Noch einige Worte zur Winternitz'schen Lehre über diesen Gegenstand. Buxbaum gibt an, dass bei der Gefässerweiterung während der Kälteapplikation, die schliesslich zur zyanotischen Verfärbung der Haut führt, durch Überreiz die Konstriktorenwirkung wegfällt und eine von Anfang der Kälteapplikation bestehende Dilatatorenwirkung restiert. Lassen wir die Winternitz'sche Lehre, dass eine Erregung der Dilatatoren eine Kontraktion von Längsmuskeln unter Erhöhung des Tonus hervorruft, gelten, so müssten wir bei der zyanotischen Verfärbung der Haut, da die Dilatatorenwirkung restiert, ein durch Kontraktion von Längsmuskeln unter Tonuserhöhung erweitertes Gefäss vor uns haben, was bekanntlich Winternitz allein für die Reaktion in Anspruch nimmt, bei der ja auch erst die Konstriktorenwirkung aufhören muss, also im Gegensatz zu Winternitz auch eine Lähmung (oder wohl richtiger Ermüdung) vorliegt. Oder soll bei der Reaktion, die nach Wegfall der Kälteapplikation auftritt, eine verstärkte Dilatatorenwirkung eintreten? Dann müsste ein neuer Reiz der Dilatatoren erfolgen. Ein neuer Reiz findet allerdings statt und zwar durch die höher temperierte Luft nach Wegfall der Kälte. Es würde also eine Wärmewirkung vorliegen. Für die Unrichtigkeit der Winternitz'schen Lehre, dass die Reaktion durch eine Kontraktion von Längsmuskeln des Gefässes hervorgerufen wird, scheint mir auch der Umstand zu sprechen, dass die Wiederanfüllung der erweiterten Hautgefässe nach Erblassen der Haut auf Druck viel langsamer geschieht als in der Norm. Würden die Gefässe durch Kontraktion von Längsmuskeln unter erhöhtem Tonus erweitert sein, müssten sie nach Wegfall des Druckes ihr Lumen sofort wieder annehmen und Blut ansaugen.

Ich habe bei der Deutung meiner Versuche angenommen, dass mit Erhöhung der Spannung die Forpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle zu-, das Verspätungs-

intervall zwischen zwei Pulsen also abnimmt und die Verhältnisse bei Spannungsabnahme die umgekehrten sind. v. Frey[35]) gibt an, dass alle Beobachtungen darin übereinstimmen, dass die Arterien zu jenen Röhren gehören, bei welchen mit der Spannung die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wächst. Deswegen habe ich auch nach v. Freys Angabe die von Grunmach[36]) gefundene Vergrösserung des Verspätungsintervalls nach lokaler Wärmeapplikation auf einen verminderten Tonus zurückgeführt. Ich muss hier hinzufügen, dass Grunmach als Ursache die Erweiterung des Gefässes annimmt. Da er auch bei Kompression der Brachialis in der Mitte des Oberarmes das Intervall vergrössert fand (ich habe auch diesen Versuch bestätigen können), kommt er zu dem Schluss, dass sowohl lokale Verengerungen als auch lokale Erweiterungen der Gefässlumina mit Verzögerung der Pulsgeschwindigkeit einhergehen. Da meine Versuche bei Kälteanwendung Verengerung der Arterie mit Verkleinerung des Verspätungsintervalles zeigen, hängt die Grösse des Intervalles in diesen Fällen nicht von der Weite der Arterie, sondern von der Spannung der Arterie ab.

In Versuch I meiner ersten Mitteilung prüfte ich nebenher eine Beeinflussung des Verspätungsintervalles durch mehr oder weniger grosse Beugung resp. Streckung von Hand und Unterarm. Da bei dem Übergang von Streckung zur Beugung des Unterarmes die Wärmeapplikation wegfiel, wiederholte ich den Versuch.

Versuch XXX.

Ellenbogen unter $1^1/_2$ rechtem Winkel gebeugt 0,085/0,085
Arm passiv gestreckt (nicht forziert) 0,083/0,08/0,084
» » » (forziert) 0,085/0,83/0,085

Es besteht also keine Änderung. Hervorheben möchte ich, dass auch forzierte Streckung ohne Anwendung von übermässiger Kraft (bei passiver Streckung) keinen Einfluss hat, da Verneuil[36]) angibt, man könne durch Streckung den Radialpuls suspendieren und dadurch am peripheren Teile eine Blutung stillen. Bei aktiver forzierter Extension habe ich keinen Einfluss auf den Radialpuls gesehen, wohl aber ein Kleinerwerden desselben bei passiver unter Anwendung grösserer Gewalt, auch verwendete Verneuil bei seinen Leichenversuchen, die ein Zusammendrücken der Kubitalarterie unter der Bizepssehne ergaben, eine Belastung von 10 kg.

In der vorstehenden Arbeit habe ich eine eventuelle Beeinflussung des Herzens, sei sie durch die infolge der Gefässkontraktion erzeugten Widerstände, sei sie durch Reflex auf das Herz selbst hervorgerufen, unberücksichtigt gelassen, da wir am intakten Organismus die im Herzen stattfindenden Vorgänge nicht gleichzeitig beobachten können, also nur auf Vermutungen angewiesen sind. Darin liegt ein Mangel der von mir angewandten Untersuchungsmethode. Auf der anderen Seite bietet sie den Vorteil, dass die Resultate am intakten Organismus und am Menschen gewonnen sind.

Erwähnen will ich noch, dass ich den Kubitalpuls mit einer Marey'schen Kapsel aufnahm, die von einer dem Oberarm angepassten Manschette gehalten wurde. Da die kleinen Druckknöpfe von der Arterie immer abglitten, versah ich sie mit einem rechteckigen Korkplättchen.

Zum Schlusse sage ich Herrn Professor Eichhorst für Überlassung des Materials meinen herzlichsten Dank.

Literatur.

1) Matthes, Lehrbuch der klinischen Hydrotherapie. Jena 1900.

2) Winkler, Studien über die Beeinflussung der Hautgefässe durch thermische Reize. Sitzungsbericht der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Klasse; Bd. 111. Abt. 3. Juni 1902.

3) F. Pick, Über den Einfluss mechanischer und thermischer Einwirkungen auf den Blutstrom und Gefässtonus. Zeitschrift für Heilkunde 1903. Bd. 24. Heft 2.

4) Tholozan et Brown-Séquard, Recherches expérimentales sur quelques-uns des effets du froid sur l'homme. Journal de Physiologie 1858. Bd. 1. (1851 durch Tholozan der Gesellschaft für Biologie vorgelegt.)

5) Brown-Séquard, Remarques sur l'influence du froid appliqué à une petite partie du corps de l'homme. Journal de Physiologie 1859. Bd. 1.

6) Stefani, Sur l'action vaso-motrice réflexe de la témperature. Arch. italiennes de Biologie 1895. Bd. 24.

7) Vulpian, Leçons sur l'appareil vaso-moteur. Paris 1895. Bd. 1. S. 232 (zit. nach Stefani).

8) Paneth, Einige Versuche betreffend die Innervation der Ohrgefässe bei Kaninchen. Zentralblatt für Physiologie 1888.

9) Winternitz, Die Hydrotherapie auf physiologischer und klinischer Grundlage. 1890. Bd. 1. 2. Auflage.

10) Balli, Über den Einfluss lokaler und allgemeiner Erwärmung und Abkühlung der Haut auf das menschliche Flammentachogramm. Bern 1896. Dissertation.

11) J. v. d. Becke-Callenfells, Über den Einfluss der vasomotorischen Nerven auf den Kreislauf und die Temperatur. Zeitschrift für rationelle Medizin 1855. Bd. 7 (zit. nach Paneth).

12) Schüller, Experimentalstudien über die Veränderungen der Gehirngefässe unter dem Einfluss äusserer Wasserapplikationen. Deutsches Archiv für klinische Medizin 1874. Bd. 14.

13) Delezenne, Contribution à l'étude des vasodilatations actives. Journal of Physiology 1899. Bd. 23. Supplement.

14) Gottlieb und Magnus, Über die Gefässwirkung der Körper der Digitalisgruppe. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie 1901. Bd. 47. Heft 1 und 2.

15) Wertheimer, Influence de la réfrigération de la peau. Arch. de Physiologie 1894. Bd. 26.

16) Fredericq, Sur la régulation de la température chez les animaux à sang chaud. Arch. de Biologie 1882. Bd. 3.

17) Goltz und Ewald, Der Hund mit verkürztem Rückenmark. Pflügers Archiv 1896. Bd. 63.

18) François-Frank, Du Volume des organes dans ses rapports avec la circulation du sang Physiologie experimentale. Travaux du laboratoire de M. Marey. 1876. Bd. 2.

19) François-Frank, Du pouls total des extrémités. Arch. de Physiologie 1890. Bd. 22.

20) Hallion et Compte, Recherches sur la circulation capillaire chez l'homme à l'aide d'un nouvel appareil pléthysmographique. Arch. de Physiologie 1894. Bd. 26.

21) A. Mosso, Die Diagnostik des Pulses. Leipzig 1879.

22) Amitin, Über den Tonus der Blutgefässe bei Einwirkung der Wärme und der Kälte. Zeitschrift für Biologie 1897. Bd. 35.

23) U. Mosso, L'action du chaud et du froid sur les vaisseaux sanguins. Arch. italiennes de Biologie 1889. Bd. 12.

24) Neu, Experimentelle und klinische Blutdruckuntersuchungen mit Gärtners Tonometer. Verhandlungen des naturhistorisch-medizin. Vereins zu Heidelberg 1902. Neue Folge. Bd. 7. Heft 2.

25) Magendie, Leçons sur les phénomènes physiques de la vie. 1842. Bd. 3. S. 197 u. 202 (zit. nach Brown-Séquard).

26) Bier, Hyperämie als Heilmittel. Leipzig 1903.

27) Strasser, Die Wirkung der Hydrotherapie auf Kreislauf und Blut. Referat, erstattet in der ersten wissenschaftlichen Versammlung der Balneologen Österreichs in Wien am 29. März 1899. Wiener medizinische Presse 1899. No. 14.

28) Buxbaum, Lehrbuch der Hydrotherapie. Leipzig 1900. 1. Aufl. 1903 2. Aufl.

29) Döhring, Über den lokalen Einfluss der Kälte und Wärme auf Haut und Schleimhäute. Königberg 1889. Dissertation.

30) Martin, Technisches über das Riva-Rocci'sche Sphygmomanometer und Gärtners Tonometer. Münchener medizinische Wochenschrift 1903. No. 24 und 25.

31) Runge, Über die Bedeutung der Wasserkuren in chronischen Krankheiten. Deutsches Archiv für klinische Medizin 1874. Bd. 12.

32) Ziegler, Lehrbuch der allgemeinen Pathologie und der pathologischen Anatomie. 1893 8. Aufl. Bd. 1. S. 144 und 145.

33) Bier, Die Entstehung des Kollateralkreislaufes. Virchows Archiv 1897. Bd. 147.

34) v. Frey, Die Untersuchung des Pulses. Berlin 1892.

35) Grunmach, Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen. Du Bois' Arch. 1879.

36) Verneuil, De la suspension du pouls radial dans l'extension du bras. Journal de Physiologie 1858. Bd. 1.

Druckfehlerberichtigung zur 1. Mitteilung.

Seite 1, Zeile 9 von unten lies »Beugung« statt »Bewegung«.
» 2, » 8 lies »beeinflusst wird, abhängig ist« statt »abhängig ist, beeinflusst wird«.
» 4, » 11 lies »gefülltem« statt »gefüllten«.
» 6, » 4 lies »Längsdehnung« statt »Lähmungsdehnung«.